

**O'zbekstan Respublikasi joqari ha'm orta arnawli
bilim ministrligi**

**Berdaq atindag'i
Qaraqalpaq ma'mleketlik universiteti**

Uliwma fizika kafedrası

B.A.Abdikamalov

FIZIKA TARIYXI

pa'ni boyınsha lektsiyalar tekstleri

**Ma'mleketlik universitetlerdin' fizika qa'nigeliginin'
1-ha'm 2-kurs studentleri ushin du'zilgen**

Internet tegi adresi www.abdikamalov.narod.ru

No'kis 2008

Mazmuni

Kirisiw. Fizika tariyxı pa'ninin' predmeti ha'm ma'seleleri.	3
1-§. Fizikanın' xronologiyası.	5
2-§. Fizikalıq bilimlerdin' payda bolıwı.	68
Demokrit.	72
Aristotel.	73
Evklid.	78
Arximed.	80
Klavdiy Ptolemey.	83
3-§. Orta a'sirler.	88
4-§. İlimnin' Shıg'ısta rawajlanıwı.	89
5-§. Axmed a'l Ferg'aniy.	92
6-§. A'l-Beruniy.	94
7-§. Ulıg'bektin' Samarqandtag'ı ilimiy mektebi ha'm akademiyası.	101
8-§. Evropada orta a'sirlerdegi ilimnin' rawajlanıwı.	106
9-§. Nikolay Kopernik.	108
10-§. Djordano Bruno.	111
11-§. Tixo Brage.	113
12-§. İogan Kepler.	114
13-§. Salıstırmalıq printsipi. Galileo Galiley.	116
14-§. İsaak Niuton. Mexanika.	121
İsaak Niuton. Optika.	131
15-§. On segizinshi a'sir. Mexanika.	137
16-§. On tog'ızınshı a'sir. Mexanika.	141
17-§. Albert Eynshteyn.	144
A.Eynshteyn. Qozg'alıwshı deneler elektrodinamikasına.	159
A.Eynshteyn. Denenin' inertsıyası usı denede toplanıwı an energiyadan g'a'rezli me?	186
Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası (<i>general theory of relativity</i>).	188
A.Eynshteyn. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' tiykarları.	191
Eksperimentte tastıyqlanıwı.	239
Kosmologiya.	242
A.Eynshteyn. Kosmologiya ma'seleleri ha'm ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası.	251
18-§. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' altın a'siri.	259
19-§. German Minkovskiy.	263
20-§. Salıstırmalıq teoriyasının' basqa ilimpazlar ta'repinen qabıl etiliwi.	265
21-§. Pol Adrien Moris Dirak.	268
22-§. Matvey Petrovish Bronshteyn.	271
23-§. Atom yadrosı fizikasının' qa'liplesiwi.	275
Radioaktivlikti izertlew din' tiykarı na'tiyjeleri.	275
Turaqlı elementlerdin' yadrolarının' jasalma tu'rde aylanısları.	276
Alfa ıdıraw din' kvant-mexanikalıq teoriyasının' do'retiliwi.	279
YAdrolıq nurlanıw lardın' spektrleri ha'm beta ıdıraw mashqalası.	279
Neytronnın' ashılıwı.	282
Kosmoslıq nurlar ha'm pozitronnın' ashılıwı.	283
Jasalma tu'rde tezletilgen zaryadlardan an bo'lekshelerdin' atom yadrosına ta'siri.	286
Neytronlardın' atom yadrolarına ta'siri ha'm urannın' bo'liniwi.	287
Yadro ishindegi ku'shler mashqalaları ha'm mezonlardın' ashılıwı.	289
Programmalar, metodikalıq ko'rsetpeler, a'debiyatlar dizimi	291

Kirisiw

Fizika tariyxı pa'ninin' predmeti ha'm ma'seleleri

Fizika pa'ninin' predmeti dep adamzattın' turmısında belgili bir orındı iyeleytug'ın, onın' rawajlanıwında anıq ta'siri bar ja'miyetlik qubılıs bolıp tabılatug'ın tutası menen alıng'an pu'tin fizika iliminin' payda bolıw ha'm rawajlanıw tariyxın aytamız. Birinshiden fizika adamzat ja'miyetinin' bazı bir basqışında payda bolg'an bazı bir pu'tin qubılıs dep qaraladı. Ekinshiden fizika iliminin' rawajlanıwı adamzat ja'miyetinin' rawajlanıwı menen birge tallanadı. Payda bolg'an ha'm rawajlang'an fizika ilimi ja'miyettin' tariyxında belgili bir orındı iyeledi, ja'miyettin' rawajlanıwına u'lken ta'sirin jasadı.

Fizika tariyxı da basqa qa'legen tariyxıy pa'nlerdey o'z aldına birinshi ma'sele sıpatında fizika iliminin' rawajlanıw barısın ayqınlastırıw maqsetinde tariyxıy faktlerdi anıqlawdı qoyadı. Ekinshi ma'sele fizika iliminin' nelikten tap usınday bolıp, al basqasha emes rawajlanıwın ko'rsetiw ushın za'ru'rdi bolg'an bolıp o'tken haqıyqıy materiallardı tallaw menen shug'ıllanadı.

En' aqırında fizika tariyxı ilimi bul ilimnin' rawajlanıwının' ulıwmalıq nızamların ashıw ma'selesin sheshedi. Basqa tariyxıy pa'nler sıyaqlı ilimnin' rawajlanıwının' ulıwmalıq nızamların ashıw en' bas ma'sele bolıp tabıladı.

Solay etip fizika tariyxı pa'nin u'yreniwidin' barısında oqıwshı yamasa student birinshi gezekte tariyxıy faktler tiykarında fizika iliminin' rawajlanıwının' ulıwmalıq nızamların u'yrenedi.

Biz fizika iliminin' ilim sıpatında qa'liplesiwinin' XVII a'sirde baslang'anlıg'ın bilemiz. Usı da'wirlerge shekemgi derlik 3-4 min' jıllıq da'wirlerde fizikalıq ko'z-qaraslar qa'liplesti, ayırım nızamlar ashıldı. Bul ashılıwların' na'tiyjeleri, fizikalıq bilimlerin' jıynalıwı XVII a'sirdin' basında salıstımalıq printsipinin' ha'm mexikanın' tiykarıg'ı nızamlarının' ashılıwına alıp keldi (G.Galiley, İ.Niuton) ha'm fizika ilimi ilim bolıp qa'liplesti. Lektsiyalar barısında studentler 3-4 min' jıllıq adamzat tariyxında qanday fizikalıq bilimlerin' jıynalg'anlıg'ın, ha'r bir da'wirde orın alg'an ilimiy ashılıwların' bunnan keyingi da'wirlerdegi ilimiy ashılıwların' ju'zege keliwine qalay ta'sir etkenin, bul ashılıwların' adamzat tariyxındag'ı ilimiy-texnikalıq rawajlanıwlar menen tikkeley baylanıslı ekenligi ko'rsetiledi.

Adamzat tsivilizatsiyasının' ha'zirgi zaman da'rejesine jetiwinde fizika iliminin' tutqan ornı ayırıqsha ullı. İlimnin' ha'zirgi da'wirdegidey joqarı rawajlanıwg'a qalay kelgenligin tu'siniw ushın en' da'slep fizika iliminin' payda bolıwı ha'm qa'liplesiwi, onın' izertlew usılları menen ideyaların' rawajlanıw jolları, eski ko'z qaraslardıń jan'a ko'z qarasar ta'repinen qısıp shıg'arılıwı, olardı qa'liplestiriwshilerdin' a'hmiyeti haqqında durıs tu'siniklerge iye bolıw kerek. Qa'legen da'wirdegi izertlewshi a'dette o'z iliminin' o'zine shekemgi da'wirlerde qansha izertlengenligin bilip ha'm og'an sın ko'z qarasında o'zinin' izertlewin rawajlandıradı. İlimdegi ha'r bir jan'alıq sebepsiz payda bolmaydı, ilimpazlar o'zinen buring'ılardıń nelerdi ja'ne qalay ashqanlıg'ın bilip arqalı o'zinin' jan'alıg'ın keyingi a'wladqa miyras etip qaldıradı. Mısalı Evklid ha'm Arximedsiz Beruniy ha'm Niutonlar, al olarsız Eynshteynler ha'm Borlar bolmag'an bolar edi.

Solay etip fizika tariyxın u'yreniw a'hmiyetli metodikalıq ja'ne ta'rbiyalıq a'hmiyetke iye. Ko'pshilik jag'dayda bayanlawdın' tariyxıy jolı qolaylı bolıp tabıladı. Sonlıqtan fizika oqıtıwshısı fizika tariyxın bilip menen fizikanı metodikalıq jaqtanda, ilimiy jaqtan da bayıtadı. Ekinshi ta'repten qa'legen ilimnin', sonın' ishinde fizika iliminin' tariyxıy rawajlanıwı adamzattın' rawajlanıwı menen birge o'tedi. Usıg'an baylanıslı fizikanın' adamzat tariyxındag'ı rawajlanıw da'wirlerin sa'wlelendiriw ushın bir qansha tariyxıy mag'lıwmatlardı beremiz.

Bizin' eramızdan burıng'ı da'wirlerdegi adamzattın' rawajlanıw ko'rsetkishleri

Waqıyalar	Jıllar
Qollarınan a'piwayı isler keletug'ın adamlar, miynet quralları	2 mln jıl
Ottan paydalanıw	1,7 mln jıl
Aqıllı adam	150 min'
Ilaydan sog'ılg'an ıdıslar, oqjay	40 min'
Toqımashılıq, da'slepki qalalar.	8 min'
Birinshi kemeler, plug, mıstan paydalanıw, arba ushın do'n'gelek, irrigatsiyalıq qurılıslar.	5 min'
Jazıwdın' payda bolıwı, SHumer sanları, o'nermentler, shiyshe, bronza, ta'rezi,	4 min'
Birinshi kitapxanalar, papirustı islep shıg'ıw (Egipette), Egipettegi birinshi mektepler, Xeops piramidası, Afina qalası turg'an jerge adamlardıń ko'ship kelip jaylasıwı.	3 min'
Astrologiya, suw saatları.	2 min'
Finikiya jazıwı, temir	1300
Tiykarg'ı grek qa'wimlerinin' ornalasıwı.	1000
Grek jazıwı	900
Birinshi olimpiyada oynları	776
Vizantiyanın' tiykarının' salınıwı	660
Fales, Afrikanın' do'geresinde ju'ziw, Finikiyalıqlar.	6-a'sir
Pifagor, latin jazıwı, Tokar stanogı, Rim tsifraları, Demokrit, Gippokrat.	5-a'sir
Platon, Aristotel, Akademiya, Likey.	4-a'sir
Aleksandriya kitapxanası, Arximed, Aristrax Samosskiy, Eratosfen, Evklid.	3-a'sir
Ktesibiy, pergament.	2-a'sir
Iulian kalendarı, Rim entsiklopediyaları, Suw qarazları.	1-a'sir

Bizin' eramızdag'ı o'zgerisler:

Shiyshe qayta islew texnologiyası, Rimdegi Kolizey.	1-a'sir
Ptolemey sisteması, ko'mirdi ku'ndelikli paydalanıw, Geron Aleksandriyskiy, qag'azdı islep shıg'arıw,	2-a'sir
Alximiya.	3-a'sir
Hind tsifraları, farfor.	6-a'sir
Samal qarazlar, Grek otı.	7-a'sir
Kitap basıp shıg'arıw, porox, arab ilimi, a'l Xorezmiy ha'm Al-djebr,	9-a'sir
Birinshi mexanikalıq saatlar, sxolastika.	10-a'sir
A'l Beruniy, A'biw A'liy İbn Sino, ku'kirt, duz ha'm azot kislotaları.	11-a'sir
Evropada kompastın' payda bolıwı, birinshi universitetler.	12-asir
Oyanıw da'wiri, ko'z aynek ha'm linzalar.	13-a'sir
Domna oshag'ı, manufaktura, Evropada poroxtıń tarqalıwı.	14-a'sir
Georgafiyalıq ashılıwlar da'wiri.	15-a'sir

Joqarıda keltirilgen adamzattın' jetiskenlikleri ha'm ullı ilimpazlar jasag'an da'wirlerde qa'wimler, ma'mleketler arasında u'lken ja'njeller ha'm urıslar, apatshılıqlar bolıp turdı. Bul haqqında kishkene mag'lıwmatlar beremiz (bizin' eramızg'a shekemgi jıllar berilgen):

Parsılar greklerge o'zinin' hu'kimligin tarqatadı	512
İoniyılıqlardıń ko'terilisi	500
İoniyılıqlardıń ko'terilisinin' bastırılıwı	494

Peloponnes urısı	431-404
Afina flotının' qurılısı	483
Grek-parsılar urısının' kulminatsiyası	480
Kishi Aziya menen Gretsiyanın' azat etiliwi	479
Afina Akropolinin' salınıwı	447
Sokrattın' o'ltirilwi	399
Filipp II – Makedoniyanın' patshası	359
Filipp II nin' Afinalıqlar menen urısı	356
Aristotel Makedoniyada	342
Aleksandr taxt basına keledi	337-336
Aleksandrdın' o'liwi. Ellinizm da'wiri	323
Rimliklerdin' grek armiyası menen birinshi sawashı.	280

1-§. FİZIKANIN' XRONOLOGİYASI

Biz to'mende fizika iliminin' en' a'yyemgi da'wirlerden baslap ha'zirgi waqıtlarg'a shekemgi ilimiy ashılıwlarda basıp o'tken jolının' izbe-izligin beremiz. Bul izbe-izlikte keltirilgen derlik ha'r bir buwın yamasa tariyxıy fakt o'zinen son'g'ı ilimiy ashılıwların' ju'zege keliwinin' belgili bir sebeptisi boladı. Sonın' menen keltirilgen izbe-izlikke itibar berip qaraw tiykarg'ı fizikalıq ideyalardıń teoriyalardıń, printsiplerdin' genezisın, olar arasındag'ı baylanıstı, fizika iliminin' rawajlanıwının' evoliutsiyasın, sonın' menen birge ayırım fundamentallıq karakterdegi ideyalardıń du'nyag'a bolg'an ko'z-qaraslardı pu'tkilley o'zgartip jibergenligin anıqlawg'a mu'mkinshilik beredi.

To'mende fizikanın' rawajlanıw barısındag'ı ashılıwlar haqqında eki mın'day faktler keltirilgen. Olar da'wirlerge bo'linip, ha'r bir da'wir du'nyag'a bolg'an fiziikalıq ilimiy ko'z-qaraslardın' rawajlanıwının' buwınların quraydı.

FİZIKANIN' RAWAJLANIWININ' TIYKARG'I DA'WIRLERİ HA'M ETAPLARI

FİZİKA A'YYEMGI DA'WIRLERDEN XVII A'SIRGE SHEKEM¹

A'yyemgi da'wir (bizin' eramızg'a shekemgi VI a'sirden bizin' eramızdag'ı VI a'sir.).
Orta a'sirler (VI-XIV a'sirler).
Oyanıw da'wiri (XV-XVI a'sirler).

FİZIKANIN' İLİM SIPATINDA QA'LİPLESİW DA'WİRİ (XVII a'sirdin' bası- XVII a'sirdin' 80-jılları)

KLASSİKALIQ FİZİKA DA'WİRİ (XVII a'sirdin' aqırı - XX a'sirdin' bası)

Birinshi etap (XVII a'sirdin' aqırı - XIX a'sirdin' 60-jılları).
Ekinshi etap (XIX a'sirdin' alpinsınshı jılları - 1894-jıl).
U'shinshi etap (1895-1904 jıllar).

HA'ZIRGI ZAMAN FİZİKASI (1905-jıldan baslap)

Birinshi etap (1905-1931 jıllar).
Ekinshi etap (1932-1954 jıllar).

¹ Fizika tariyxı XVII a'sirdin' basınan baslanadı. Usı da'wirge shekemgi barlıq da'wirlerdi «fizika tariyxı aldındag'ı da'wir» dep ataymız (predistoriya fiziki).

U'shinshi etap (1955-jildan baslap).

A'yyemgi da'wirlerden XVII a'sirdin' basnan shekemgi da'wir fizika tariyxının' aldında turg'an da'wir bolıp tabıladı. Bul da'wirde ta'biyattın' ayırım qubılısları haqqındag'ı fizikalıq bilimler toplandı ha'm usıg'an baylanıslı ayırım ta'limatlardıń' payda boldı. Adamzat ja'miyetinin' rawajlanıw da'wirlerine sa'ykes bul da'wir ishindegi u'sh da'wirdi (a'yyemgi da'wir, orta a'sirler, qayta tuwılıw da'wiri) bir birinen ayıradı.

Fizika ilim sıpatında da'l ta'biyattanıwdın' tiykarın salıwshı Galileo Galileyden baslanadı (salıstırmalıq printsipi, inertiya nızamı²). Galileyden baslap İsaak Niutong'a shekemgi da'wir **fizikanın' baslang'ısh fazası**, onın' ilim sıpatında ayag'ına turıw da'wiri bolıp esaplanadı.

Fizika iliminin' bunnan keyingi da'wiri og'ada ko'p sanlı qubılıslardıń' nızamlıqların tu'siniwge mu'mkinshilik beretug'ın ta'biyat nızamların ashqan İsaak Niutonnan baslanadı (Niutonnnın' birinshi, ekinshi, u'shinshi nızamları, pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamı). Ol mexikanın' tamamlang'an sisteması sıpatında du'nyanın' birinshi fizikalıq kartinasın (anıg'arag'ı ta'biyattın' mexikalıq kartinasın) do'retti. İ.Niuton ha'm onın' islerin dawam ettiriwshiler L.Eylerom, J.Dalamberom, J.Lagranjem, P.Laplasom ha'm basqalar ta'repinen do'retilgen klassikalıq fizikanın' og'ada ullı sisteması eki a'sir dawamında adamzatqa xızmet etti. Tek XIX a'sirdin' 60-jıllarınan baslap bul fizikanın' sheklerine sıymaytug'ın³ jan'a faktlerdin' ashılıwı menen klassikalıq fizika qıyray basladı. Usı waqıtları Niuton fizikasına soqqı beretug'ın Niutonnnın' jerlesi Maksveldin' elektromagnit teoriiyası do'retildi. Bul teoriya fizika tariyxındag'ı Niuton mexikasınan keyingi ekinshi ullı teoriya bolıp tabıladı. Bul teoriyanın' bunnan bılay rawajlanıwı klassikalıq fizika menen karama-karsılıqtın' shiyelenisiwine ha'm usının' aqıbetinde fizikadag'ı revoliutsiyalıq burılıslardıń' ju'z beriwine alıp keldi. Sonlıqtan klassikalıq fizika da'wirin u'sh da'wirge bo'liw qabıl etilgen: İ.Niutonnan Dj.Maksvelge (1687 - 1859) shekemgi, ot Dj.Maksvelen V.Rentgenge (1860-1894) shekemgi ha'm u'shinshisi V.Rentgennen do Albert Eynshteyge (1895-1904) shekemgi da'wirler bolıp tabıladı (qawsırma ishinde sol da'wirlerdi o'z ishine alatug'ın jıllar jazılğ'an).

Birinshi etap Niuton mexikasının' hu'kim su'rgen da'wiri bolıp esaplanadı. Ol tiykarın salg'an du'nyanın' mexikalıq kartinası jetilistiriledi, da'lligi joqarıltiladı, fizika pu'tin ilim sıpatında tanıladı. Ekinshi etap Dj.Maksvell ta'repinen elektromagnit protsesslerdin' ulıwmalıq teoriiyasının' do'retiliwi menen baslanadı. Maykl Faradeydin' (ol da Dj.Maksveldin' ha'm İ.Niutonnnın' jerlesi) maydan kontseptsiyasın paydalanıp Dj.Maksvell Maksvell ten'lemeleri dep atalatug'ın ten'lemeler sisteması ja'rdeminde elektromagnit qubılıslardıń' da'l ken'isliklik-waqıtlıq nızamların ashtı. Bul teoriya G.Gerts penen X.Lorentstin' jumıslarında bunnan bılay rawajlandırıldı ha'm na'tiyjede du'nyanın' elektrodinamikalıq kartinası do'retildi.

1895-jıldan 1905-jılğ'a shekemgi da'wir (1905-jıldın' o'zi bul da'wirge kirmeydi) fizikadag'ı revoliutsiyalıq ashılıwlar ha'm o'zgerisler da'wiri bolıp tabıladı. Bul da'wirde fizikada sapalıq jaqtan pu'tkilley jan'a u'lken o'zgerisler ju'z berdi ha'm ha'zirgi zaman fizikasına o'tiw orn aldı. Bul kvant teoriiyası menen arnawlı salıstırmalıq teoriiyası bul o'tiwdin' fundamenti bolıp tabıladı. Bul da'wirdi 1905-jılı baslanadı dep esaplaymız. Sebebi usı jılı A.Eynshteyn ta'repinen arnawlı salıstırmalıq teoriiyası do'retildi, M.Planktin' kvantlar haqqındag'ı ideyası jaqtılıq kvantları teoriiyasına aylandırıldı, Broun qozg'alıslarının' ma'nisi anıqlandı. Bul teoriyalardıń' barlıg'ında da klassikalıq ko'z-qaraslar menen tu'siniklerden shetlew ayqın ko'rindi ha'm du'nyanın' jan'a fizikalıq kartinası bolg'an kvantlıq-relyativistlik kartinanın' baslaması do'retildi. Bul jan'a ideyalardıń' payda bolıwı yamasa ku'tilmegen jan'a faktler menen qubılıslardıń' ashılıwı emes, al fizikalıq oylawdın' jan'a usıllarının' payda bolıwı, fizikanın' metodologiyalıq printsiplerinin' teren' o'zgerisi bolıp tabıladı.

Ha'zirgi zaman fizikasında u'sh da'wirdi bir birinen ajratıp ko'rsetiw maqsetke muwapıq keledi:

Birinshi da'wir (1905 - 1931), relyativizm menen kvantlar tu'sinigi ken' tu'rde qollanıw ha'm İ.Niuton zamanınan keyingi da'wirdegi to'rtinshi fundamentallıq teoriya bolg'an kvant mexikasının' do'retiliwi menen ta'riplenedi.

² Galileo Galiley ta'repinen ashılğ'an «İnertiya nızamı» İ.Niuton ta'repinen birinshi nızam sıpatında qabıl etildi.

³ Bul fizika menen tu'sindiriw mu'mkin bolmag'an degen so'z.

Ekinshi da'wir subatomliq fizika da'wiri (1932-1954) bolip tabiladi ha'm bul da'wirde fizikler materiyanı u'yreniwidin' jan'a basqishi bolg'an atom yadroları qa'ddiine ko'terildi.

U'shinshi da'wir subyadroliq fizika ha'm kosmos fizikası da'wiri bolip tabiladi. Bul da'irdin' o'zine ta'n o'zgesheliklerinin' biri qubılıslardı jan'a ken'isliklik-waqitliq masshtablarda u'yreniw bolip tabiladi. Bul da'wirdin' bası dep 1955-jıldı alıw kerek. Usı jılı fizikler nuklonlardın' qurılısın u'yreniwdi basladı. Bul da'wir adamzat tariyxındag'ı jana ilimiy-texnikalıq revoliutsiya da'wirine sa'ykes keledi. Na'tiyjede islep shıg'arıwshı ku'shler jan'a basqishka ko'terildi, adamzat ja'miyetinin' bunnan bilay rawajlanıwı ushın jan'a sharayatlar do'retildi.

Fizikanın' rawajlanıwın joqarıdagıday izbe-izlikte da'wirlerge bo'liw qanday da bir da'rejede sha'rtli tu'rde islengen bo'liw bolip tabiladi. Biraq usınday jag'dayg'a qaramastan tap sonday izbe-izlikte ha'm da'wirlerge bo'liwde ashılıwlar ha'm faktler xronologiyasında fizikanın' rawajlanıw barısın, onın' o'siw noqatların, jan'a ideyalardıń payda bolıwının' genezisın, fizika ilimindegi jan'a bag'darlardıń payda bolıwın, fizikalıq bilimlerdeń evoliutsiyasın anıq ko'riwge mu'mkinshilik beredi.

FİZİKA TARIYXI ALDINDAG'I DA'WİR (a'yyemgi da'wirden XVII a'sirge shekem)

Bizin' eramızdan buring'ı u'shinshi ha'm ekinshi min' jıllıqlar - Quyash ha'm kum saatların sog'ıw. Salmaqlar menen denelerdin' sıziqtı o'lsheplerin o'lshew usıllarının' payda bolıwı, a'piwayı ta'rezilerdin' sog'ılıwı.

A'YYEMGI DA'WİR (bizin' eramızg'a shekemgi VI a'sirden bizin' eramızdın' V a'sirine shekem)

Bizin' eramızg'a shekemgi VI a'sir - Akustika boyınsha birinshi baqlawlar. Pifagor tardın' yamasa naydın' uzınlıg'ı menen tonnın' biyikligi arasındag'ı baylanıstı tabadı..

- Elektr ha'm magnetizm boyınsha birinshi mag'lıwmatlar. Su'ykelgen yantardın' jen'il zatları ha'm magnitlerdin' temirdi tartıw qubılısının' ashılıwı (Fales Miletskiy).

Bizin' eramızg'a shekemgi V -IV a'sirler - materiyanın' u'zlikli da'n ta'rizli qurılısı, zatlardın' bo'liniwinin' shegi bolg'an atom haqqındag'ı ideyalardıń payda bolıwı (Levkip, Demokrit).

- Platon ta'repinen ko'riw teoriyasının' do'retiliwi.

Bizin' eramızg'a shekemgi IV a'sir - mexanika elementlerinin' payda bolıwı. Tuwrı sıziqlı ha'm iymek sıziqlı mexanikalıq qozg'alıslardı u'yreniw. Bir birine perpendikulyar bolg'an jılıwları qosıw qag'ıydasının' do'retiliwi, rıshagın' ten' salmaqlıq sha'rtinin' tabılıwı (Aristotel).

- Hawada sestin' tarqalıwı haqqındag'ı durıs ko'z-qaraslardın' qa'liplesiwi (ses shıg'arıp turg'an dene hawanın' qısılwı menen ken'eyiwin payda etedi). Sestin' tosqınlıqtardan shag'ılısıwın tu'sindiriw. Jaqtılıqtın' bir otalıqtan ekinshi otalıqqa o'tkende sıwıw qubılısı belgili boldı (Aristotel).

Bizin' eramızg'a shekemgi IV -III a'sirler - a'yyemgi Qıtaylırg'a kamera-obskura belgili boldı.

Bizin' eramızg'a shekemgi IV-II a'sirler - du'nyanın' birinshi modeli bolg'an georaylıq sistemanın' payda bolıwı (Evdoks Knidskiy, Aristotel, Gipparx).

Bizin' eramızg'a shekemgi III a'sir - du'nyanın' geliooraylıq ideyasının' payda bolıwı (Aristarx Samoskiy).

- Ayg'a ha'm kuyashqa shekemgi aralıqlardı anıqlawg'a qaratıl'g'an birinshi tırısıwlar (Aristarx Samoskiy).

- Jaqtılıqtın' tuwrı sıziq boyınsha tarqalıw ha'm shag'ılısıw nızamlarının' ashılıwı. Geometriyalıq optikanın' payda bolıwı (Evklid).

- Arximed statikanın' ilimiy tiykarların islep shıqtı, tuwrıg'a salıstırgandag'ı salmaq orayı ha'm ku'shler momenti tu'siniklerin kirgizdi, u'sh mu'yeshliklin' salmaq orayın anıqladı, rıshagın' da'l teoriyasın berdi, bir birine parallel bolg'an ku'shlerdi qosıwdın' qa'desin taptı.

- Arximed gidrostatikanın' tiykarg'ı nızamın ashtı (Arximed nızamı), denelerdin' ju'ziw sha'rtlerin taptı.

Bizin' eramızg'a shekemgi II a'sir - bizin' eramızdın' I-II a'sirleri.

- Ktesibiy suw saatın soqtı. Bul saatlar XVIII a'sirlerge shekem ko'p ellerde paydalanılıp kelgen saatlardın' prototipine aylandı.

- Geroi Aleksandriyskiy rıshagtn', da'rwazanın', sınanın' ha'm bloktın' tolıq ta'riplemesin berdi. Rıshag qag'ıydasinı taptı. Bul qag'ıyda boyınsha usı mexanizmlerdin' ja'rdemindegi ku'shten utıw waqıttan utılıwǵa alıp keledi. Ha'zirgi waqıtlardag'ı puw turbinasınıń en' da'slepki konstruktsiya bolıp tabılatug'ın eolipil dep atalutug'ın asbapqa ta'ripleme berdi. Usının' menen bir qatar texnikalıq oylap tabıwları a'melge asırdı⁴.

- Kladviy Ptolemey jaqtılıqtın' sınwın eksperimentte izertledi ha'm esaplawlarında atmosferalıq refraktsiyanı esapqa aldı (jaqtılıqtın' sınwın esapqa alıw), pretsessiya qubılısın tu'sindirdi.

- Kladviy Ptolemey du'nyanın' georaylıq sistemasının' en' aqırǵı formasın islep shıqtı (Ptolemeydin' georaylıq du'nya sisteması).

ORTA A'SIRLER (VI-XIV a'sirler)

VI a'sir - Mexanikalıq saatın' sog'ılıwı haqqındag'ı en' da'slepki mag'lıwmatlar. Bunday saattı soqqan adam dep Veronalı Patsifikusti esaplaydı (IX a'sirdin' bası). Mınarlarg'a ornatılǵan a'piwayı mexanikalıq saatlardın' 1335-jılı Milan qalasında sog'ılǵanı haqqındagı mag'lıwmatlardın' durıs ekenligi belgili.

XI a'sir - Alxazennin' fiziologiyalıq optika boyınsha izertlewleri. A'yyemgi grek izertlewshilerinin' ko'riw nurları teoriyasının' ornına Alxazennin' ko'riw teoriyası keledi. bul teoriya boyınsha ko'riw su'wretleri ko'rinetug'ın denelerden shıqqan nurlardan shıqqan nurlar ta'repinen payda etiledi. Ko'zge tu'sip bunday nurlar ko'riw sezimlerin payda etedi. Jaqtılıqtın' shag'ılısıw ha'm sınw qubılısların izertledi, aynanın' betine tu'sirilgen normaldın', tu'siwshi ha'm shag'ılısqan nurlardıń bir tegislikte jatatug'ınlig'ın anıqlaw arqalı shag'ılısıw nızamının' formulirovkasın jetilistirdi. İymeytilgen sferalıq aynadan jaqtılıqtın' shag'ılısıwın u'yrendi. Onın' 1572-jılı baspadan latın tilinde shıqqan «Optika qaznası» dep atalutug'ın miyneti bizge jetip keldi.

- İlaqtırılǵan denenin' qozǵalıstı tezliginin' tegislikke parallel ha'm perpendikulyar eki qurawshıǵa jikleniwı (Alxazen).

- Arablar ta'repinen magnit iynenin' (strelkanın' bag'ıtının' o'zgetetug'ınlig'ının' qaytadan ashılıwı, kompastın' payda bolıwı (magnit iynenin' anıq bir bag'ıtta bag'ıtlanıwı qıtaylılarg'a bızın' eramızdan buring'a 2700-jılları belgili edi). Evropada kompas XII a'sirde payda boldı.

- Al Biruni XI asirdin' basında arnawlı tu'rde islengen ıdıstın' (ha'zirgi waqıtlardag'ı menzurkag'a sa'ykes) ja'rdeminde durıs emes (quramalı) formag'a iye zatlardın' ko'lemin tabıw usılın taptı. Bul usıldın' ja'rdeminde ol taza metallardıń, qımbat bahalı taslardın', bazı bir quymalardıń salıstırmalı salmaqların anıqladı. Bul usıl onın' bizge jetip kelgen «Minerologiya» kitabında tlıq ta'riplengen.

- Omar Hayyam o'lshewdin' ha'm salıstırmalı salmaqtı tabıwdın' usılların jetilistirdi (XII a'sirdin' ekinshi yarımı, onın' «Danalıq ta'rezisi yamasa absoliut suw ta'rezileri» atlı traktatı).

1121-jılı Algatsini «Danalıq ta'rezisi haqqında kitap» atlı traktatın jazdı. Bul traktatı orta a'sir fizikasının' o'zine ta'n kursı dep te esaplaydı. Bul kitapta 50 qattı ha'm suyıq denelerdin' salıstırmalı salmaqların qamtıwshı keste bar, kitapta Arximed nızamın tek suyıqlıqlar ushın emes, al hawa ushın da qollanıwdın' mu'mkin ekenligi, suwdın' salıstırmalı salmag'ının' temperaturag'a g'a'rezli ekenligi, al denenin' salmag'ının' denede toplanǵan zattın' mug'darına proporsionallıǵı, tezlik o'tılgen joldın' waqıtqa qanası menen o'lsheńiletug'ınlig'ı ko'rsetilgen. Sonın' menen birge areometrın' paydalanılıwı ta'riplengen, sol waqıtları paydalanılǵan to'rt tu'rli ta'rezinin' konstruktsiyaları sızılmalr ja'rdeminde bayanlang'an.

1269-jılı magnetizm boyınsha P.Peregrinonın' yamasa Marikurlıq Perdin' «Magnit haqqında u'ndew xat» dep atalutug'ın birinshi qoljazba traktat payda boldı (1558-jılı baspadan shıqqan). Bul kitapta magnit tastın' qa'siyetleri, magnittin' poliuserin anıqlaw usılları, poliuserdin' o'z-ara ta'sir

⁴ «Oylap taptı», «oylap tabıldı» degen so'z orıssha a'debiyattag'ı «izobretal», «izobretenie» so'zlerinin' ornında qollanılg'an. Sonlıqtan «Oylap taptı» so'zi «soqtı» degen ma'nisti an'latadı.

etisiwleri, bir birine tiydiriw arqalı magnitlew, magnitlerdin' paydalanılıwı ma'seleleri tolıq bayanlang'an.

1271-jılı qoljazba tu'rinde Erazm Vitelliydin' (Vitello) optika boyınsha traktatı jazıp pitkerildi (1533-jılı baspadan shıqqan). Bul kitap orta a'sirlerde ken'nen tarqaldı. Kitapta Evklid penen Alxazennin' islegen jumısların bayanlaw menen bir qatar jaqtılıq nurlarınin' sing'andag'ı qaytımlıg'ı bar bolıp, parabolalıq aynalardıń bir fokusının' bolatug'ınlg'ı ko'rsetilgen ha'm raduga tolıq izertlengen.

XIII a'sirde R.Bekon sferalıq aynanın' fokuslıq aralıg'ın o'lsheydi (og'an iyilgen aynanın' bas fokusu belgili bolg'an) ha'm sferalıq aberratsiya qubılısın ashadı, ko'riw trubası ideyasın usınadı, linzalardı ilimiy a'sbap sıpatında birinshi bolıp qollanadı, biliwdin' tiykarı ta'jiriybede dep esaplaydı. Sonlıqtan R.Bekon eksperimentallıq usıldı paydalanıwdın' en' da'slepki jar salıwshısı boldı dep esaplanıladı.

1310-jıl T.Teotonikus raduganı tu'sindirdi, biraq radiugadag'ı ren'lerdin' izbe-izligin tu'sindire alg'an joq. Raduganı birinshi ret durıs tu'sindirgen adam dep Al-Farizi esaplanadı (shama menen 1280-jılı).

XIV a'sir - Biz zamatlıq tezlik ha'm tezleniw tu'sinigi payda boldı (U.Geytsberi). Ol birinshi bolıp qozg'alıstın' tezleniwi ha'm a'steleniwi ha'm ten' o'lsheuli tezleniwshi qozg'alıstıg'ı o'tilgen jol haqqındag'ı ma'selesin qaradı.

XIV a'sir - Salıstırmalı orın almasırlardı izertlewler, «qozg'altıwshı ku'sh» teoriyası rawajlana basladı («impetus» teoriyası, J.Buridan, N.Orem, A.Saksonskiy), «materianın' mug'darı» tu'sinigi paydalanıla basladı (J.Buridan).

- A.Saksonskiy qozg'alıslardı ilgerilemeli ha'm aylanbalı, ten' o'lsheuli ha'm o'zgermeli qozg'alıslarg'a bo'ldı.

- Ten' o'lsheuli o'zgermeli qozg'alıs ha'areometr mu'yeshlik tezlik tu'sinikleri kiritildi.

XIV a'sir - N.Orem eki o'lsheuli koordinatalardı qollanıw arqalı qozg'alıstın' grafikalıq su'wretleniwin berdi (tap usında jumıstı 1346-jılı Dj. di Kazalis ta orınladı) ha'm dene ta'repinen o'tilgen joldı waqıt penen baylanıstırıwshı ten' o'lsheuli o'zgermeli qozg'alıs nızamın ashtı. Usı waqıtlardan baslap ilimiy miynetlerde qozg'alıs tezliklerinin' grafikleri keltirile basladı ha'm kinematikalıq da'lillewler geometriyalıq xarakterge iye bola basladı.

ОYANIW DA'WIRI (XV-XVI a'sirler)

XV a'sir. Erkin tu'siwdi ha'm gorizont bag'ıtında ılaqtırılǵ'an denelerdin' qozg'alısların, deneledin' soqlıǵ'ısıwın izertledi, ku'sh momentleri tu'sinigin ken'eytiw, tetraedrdin' salmaq orayın anıqlaw, qozg'alıslardı bir orınnan ekinshi orıng'a alıp beriw ha'm tu'rlandırıw ushın bir qatar mexanizmlardı islep shıǵ'ıw (konus ta'rizli podshipnik, shınjırılı ha'm qayısı alıp beriw, qos baylanıs (ha'zirgi waqıttaǵ'ı atı «kardanlıq» ha'm basqalar (Leonardo da Vinshi).

- Dinamikanın' tuwılıwı (inertiyanın' ta'biyatın anıqlaw, ta'sirdin' qarsı ta'sirge ten' ha'm og'an qarama-karsı bag'ıtlang'anlıg'ın ekenligi faktin anıqlaw). Su'ykelis mexanizmlerin u'yreniw ha'm onın' ten' salmaqlıq sha'rtine ta'siri, su'ykelis koeffitsientlerin anıqlaw ha'm su'ykelis nızamın ashıw, ortalıqtın' qarsılıg'ının' ha'm ko'teriw ku'shinin' bar ekenligin tabıw (Leonardo da Vinshi).

- Sestin' shag'ılısıwın izertlew ha'm har qıylı dereklerden shıqqan sesberdin' bir birinen g'a'rezsizlik nızamın keltirip shıǵ'arıw (Leonardo da Vinshi).

- Leonardo da Vinshi ko'riw nızamların izertleydi, kamera-obskuranı ta'ripleydi, linzalardag'ı gurlardıń jolın grafikalıq jollar menen du'zedi.

1440-jılı N.Kuzanskiy birinshi gigrometrdi sog'adı (ju'nnen islengen). 1664-jılı F.da Poppi pergament qag'azdan gigrometr, 1781-jılı kittin' murtınan (J. Deliuk) ha'm 1783-jılı ju'n gigrometr (X. de Sossur) sog'ıladı.

1475-jılı Leonardo da Vinshi ma'n'gi divigatuldin' bolmaytug'ınlg'ı haqqındag'ı ideyanı usındı.

1490-jıllar shaması Leonardo da Vinshi jin'ishke naylar boyınsha suyıqlıqlardıń ko'teriliwin baqlaw arqalı kapillyarlıq qubılısın ashtı.

XV a'sir. N.Kuzanskiy qozg'alisti barliq na'rsenin' tiykari degen oydi rawajlandiradi, A'lemnin' qozg'almaytug'in orayi joq (salistirmali qozg'alis ideyasi), A'lem sheksiz. Jer ha'm basqa da aspan denelerdi bir baslang'ish materiyadan do'regen.

1538-jılı Dj.Frakastoro zatların' ko'zge ko'riniwshi o'lsheplerin u'lkeytiw ushin linzanı qollandı.

1543-jılı N.Koperniktin' «Aspan sferalarının' aylanıwı haqqında» dep atalıwshı kitabı jariq ko'rdi. Bul kitapta ol du'nyag'a ko'z-qarastı ha'm ta'biyattanıwdı revoliutsiyalıq o'zgertiwge alıp keletug'in du'nyanın' geliooraylıq sistemasın bayanladı.

XVI a'sir - F. Mavrolik 1567-jılı «Jaqtılıq xaqında bilim beriwshi» traktatın jazdı (qaytı bolg'annan keyin 1611-jılı baspadan shıqqan). Bul traktata jaqtılıqtın' tuwrı sızılıq tarqalıwı, jaqtılıqtın' shag'ılısıwı ha'm sınıwı, raduga qubılısı, ko'zdin' anatomiyası, ko'riw mexanizmi bayanlang'an. Mavrolik ko'riw defektlerin' (uzıqtan ko'riwshilik ha'm jaqınnan ko'riwshilik) ha'm ko'z a'yneklerdin' ta'sirin tu'sindirdi. Ol do'n'es linzaların' jıynawshı, al oyis linzaların' shashırıwshı ekenligin, jaqtılıq qaptal betleri o'z-ara parallel plastinka arqalı o'tkende tarqalıw bag'ıtın o'zgertpeytug'inlig'in, al o'z-o'zine parallel qalıp awısatug'inlig'in ko'rsetti. Raduganın' jeti ren'inin' bar ekenligin birinshi bolıp ko'rsetti (og'an shekem radugada tek u'sh ren' boladı dep esapladı) ha'm prizmalardag'ı jaqtılıqtın' sınıwın izertley basladı⁵.

1558-jılı Dj.Portanın' «Ta'biyiy magiya⁶» («Estestvennaya magiya») kitabı jariq ko'rdi. Bir katar jan'a baqlawlardı o'z ishine alıwshı bul kitapta iymeytilgen aynaların' ja'rdeminde tuwrıdan-tuwrı su'wretlerdi alıw, kamera-obskurani su'wretler salıw ha'm olardı proektlew (proektsiyalıq fonar ideyası), ko'riw teoriyasın tu'sindiriw ushin qollanıw magnetizm boyınsha bazı bir mag'lıwmatlar keltirilgen.

1575-jılı N.Monardes fliuorestsentsini baqlaydı.

1583-jılı G.Galiley ta'repinen mayatniktin' terbelisinin' izoxronlıg'ı tabıldı.

1584-jılı Djordano Brunonin' «A'lemnin' sheksizligi ha'm du'nyalar haqqında» («O beskoneshnosti, Vseennoy ha'm mirax») dep atalatug'in dialogı baspadan shıqtı. Bul kitapta ol A'lemnin' sheksizligi, Quyash sistemasınan basqa da sistemaların' bar ekenligi, Quyash sistemasında basqa da planetaların' ashılıwının' mu'mkin ekenligi, Quyashtın' ha'm basqa da juldızların' o'z ko'sheri do'geresinde aylanıwı, ta'biyattın' nızamların' birligi ideyaları orın alg'an.

1585-jılı Dj.Benedettidin' «Ha'r qıylı matematikalıq ha'm fizikalıq tallawlar» («Razlishnie matematicheskie ha'm fizicheskie rassujdeniya») traktatı baspadan shıqtı. Bul traktata denelerdin' qozg'alsının' tezleniwin tu'sindiriw ushin qollanılatusın inertsiya printsipi, oraydan qashıwshı ku'sh haqqındag'ı pikirler, gidrostatikalıq paradokstin' da'llileniwi bar.

1586 -jılı S.Stevinnin' «Statikanın' baslamaları» («Nashala statiki») traktatı jariq ko'rdi. Bul traktata ma'n'gi dvigateldin' mu'mkin emesligi printsipi, qıya tegisliktegi denenin' ten' salmaqlıq sha'rtinin' da'lili bar bolıp, ku'shlerdi qosıw nızamı (ku'shler parallelogrammı) ha'm ku'shti bir birine perpendikulyar bolg'an eki qurawshıg'a jiklew qag'ıydası ashılğ'an, dara jag'day ushin mu'mkin bolg'an orın almasıwlar printsipi keltirilip shıg'arılğ'an. Bul jumısta a'yyemgi ilimpazların' statikası o'zinin' juwmaqlanıwın taptı⁷.

XVI a'sir - Gollandiyalı ustalar ta'repinen ko'riw trubasının' sog'ılıwı (onın' payda bolıwın Zaxariya YAnsennin' atı menen baylanıstradı, 1590-jıl). Do'n'es ha'm oyis linzalardan turatug'in qısqa ko'riw trubalarınin' adamlar arasında tez tarqalıwı shama menen 1608-jılı baslandı.

1590-jılı mikroskoptın' İtaliyalıq modeli payda boldı. 1604-jılı mikroskoptı Zaxariya YAnsen soqti. 1610-1614 jılları mikroskoplardı Galileo Galiley konstruksiyaladı.

1592-jılı Galileo Galiley ha'zirgi waqıtlardag'ı termometrdi eske tu'siriwshi termoskoptı islep shıqtı (bul asbap 1620-jıl F.Bekon ta'repinen ta'riplengen).

⁵ Radugada tek u'sh ren'li jaqtılıq boladı degen ideyag'a iseniw mu'mkin. Sebebi ha'zirgi zaman televizorlarındag'ı yamasa kompiuterlerdin' monitorlarındag'ı tek u'sh ren'ge iye kineskoptın' qanday ren'lerdi beretug'inlig'ı ba'rshege ma'lim.

⁶ «Magiya» so'zin karaqalpaq tiline awdarmaymız.

⁷ «A'yyemgi statika usının' menen pitti» degen so'z.

FİZIKANIN' İLİM SİPATINDA AYAG'INA TURIW DA'WIRI (XVII a'sirdin' basımı - XVII a'sirdin' 80-jılları)

1600-jılı U.Gilberttin' «Magnit, magnitliq deneler ha'm Jerdin' u'lken magnitti xaqında» traktatı jazıldı. Bul traktata elektr- ha'm magnitostatikanın' tiykarları bayanlang'an.

1603-jılı V.Kaskariolo ta'repinen fosforestsentsiya ashıldı.

1604-jılı İogan Keplerdin' optika boyınsha «Vitelliyag'a qosımshalar» dep atalatug'ın kitabı jariq ko'rdi. Bul kitapta onın' ko'riw teoriyası, kamera-obskura teoriyası boyınsha pikirleri, fotomektrianın' tiykarı nızamlarının' biri bolg'an jaqtılang'anlıq penen derekten qashıqlıqtın' kvadratı arasındag'ı kerip proporsionallıq nızamı keltirilip shıgarılğ'an, linzanın' fokusu tu'sinigi ha'm linza formulası berilgen.

1604-09 jılları Galileo Galiley gorizontqa mu'yesh jasap ılaqtırılğ'an denenin' qozg'alıs nızamın ashtı ha'm qıya tegislik boyınsha qozg'alıstın' ten' o'lsheuli tezleniwshi ekenligin ko'rsetti.

1604-jılı K.Drebbel denelerdin' jıllılıqtın' ta'sirinde ken'eyiwi boyınsha ta'jiriybeler isledi.

1607-jılı Galileo Galiley jaqtılıqtın' tezligin anıqlaw boyınsha ta'jiriybeler o'tkerdi⁸.

1609-jılı İ.Keplerdin' «Jan'a astronomiya» atlı kitabı jariq ko'rdi. Bul kitapta planetalardıń qozg'alısının' da'slepki eki nızamı keltirilgen ha'm salmaq barlıq aspan denelerine ta'n degen pikir keltirilgen.

- Galileo Galiley ko'riw trubasın konstruksiyaladı (mayıstırılğ'an okulyarg'a iye truba) ha'm onı astronomialıq baqlawlar ushın teleskop sipatında paydalandı (optikalıq astronomianın' payda bolıwı)⁹. 1608-jılı tap usınday trubanı X.Lippersgey soqtı.

- Termostat oylap tabıldı.

1611-jılı İ.Keplerdin' «Diptrika» miyneti baspadan shıqtı. Bul kitapta ko'riw trubasının' teoriyası berilgen (mayıstırılğ'an okulyarg'a iye truba, bunday trubanı ha'zirgi waqıtları Kepler trubası dep ataydı). Biz miynette de elementar geometriyalıq optika bayanlang'an («Vitelliyag'a qosımshalar» kitabındag'ıday).

1619-jılı İ.Keplerdin' «Du'nyanın' garmoniyası» («Garmoniya mira») traktatı baspadan shıqtı. Bul traktata planetalardıń qozg'alısının' u'shinshi nızamı orın alg'an.

1620-jılı F.Bekonnın' «Jan'a organon» («Noviy organon») kitabı jariq ko'rdi. Bul kitapta jıllılıq qozg'alıs bolıp tabıladı degen ideya birinshi ret ayılğ'an. Bunnan keyin jıllılıqqa bolg'an kinetikalıq ko'z-qaraslardı R.Boyl rawajlandırdı. Ol 1675-jılı ta'rtiplesken qozg'alıstın' ta'rtipsiz jıllılıq qozg'alıslarına aylanıwın demonstratsiyaladı.

1621-jıllar shaması V.Snellius jaqtılıqtın' sınw nızamın eksperimentte ashtı.

1628-jılı B.Kastelli naydag'ı suyıqlıqtın' ag'ısının' tezliginin' naydın' kese-kesiminin' maydanına kerip proporsional ekenligin ashtı

1631-jılı J.Rey suyıqlıqlı termometr soqtı.

1632-jılı Galileo Galileidin' «Du'nyanın' eki tiykarı sisteması bolg'an Ptolemey ha'm Kopernik sistemaları haqqında dialog» («Dialog o dvux osnovnix sistemax mira - ptolemeevoy i kopernikovoy») miyneti jariq ko'rdi. Bul miynette inertsia printsipi menen salıstırmalıq printsipi orın aldı.

1635-jılı N.Adjunti ta'jiriybede suw muzg'a aylanğ'anda qısılmaytug'ınlıg'ın, al ken'eyetug'ınlıg'ın ko'rsetti. 1667-jılı bunday jag'daydın' orın alatug'ınlıg'ın X. Giuygens ko'rsetti. Bul haqqında Galileo Galileyde boljadı..

1637-jılı Rene Dekartın' «Diptrika» miyneti baspadan shıqtı. Bul kitapta jaqtılıqtı alıp ju'riwshi efir haqqındag'ı ideya boljap ayıldı, sınw nızamının' teoriyalıq da'llileniwi, raduga teoriyası keltirildi.

1638-jılı Galileo Galileydin' «İlimnin' jan'a eki tarawı boyınsha an'g'imeler ha'm matematikalıq da'llilewler...» («Besedı ha'm matematisheskie dokazatelstva, kasaiumiyesya dvux novix oblastey nauki...») miyneti jariq ko'rdi. Bul miynette erkin tu'siw nızamı (erkin tu'siwshi

⁸ Bul ta'jiriybelerdin' hesh qanday na'tiyjelerdi bermegenligin bilemiz.

⁹ «Konstruksiyaladı» degen so'z «konstruksiyaladı» ha'm «soqtı» degen ma'niste keltirilgen.

denenin' tezliginin' waqıtqa, al o'tken joldın' uzınlıg'ın' waqıttın' kvadratına proporsionallıg'ı), orın awıstırıwları qosıw nızamı, materiallardın' qarsılıg'ı ta'limatı orın alg'an.

1641-jılı O.Gerike hawa nasosın oylap taptı.

- P.Gassendi Galileydin' salıstırmalıq printsipin tastıyıqlawshı ta'jiriybel isledi.

- Spirtli termometr sog'ıldı. 1646-jılı spiritli termometrdi E.Torrishelli demonstratsiyalap ko'rsetti.

- E.Torrishellidin' «Erkin tu'siwshi ha'm ılaqtırılğ'an denelerdin' qozg'alısı haqqında» («O dvijeniı svobodno padaıuıx ha'm broshennıx tel») kitabı jarıq ko'rdi. Bul kitapta qıya tegisliktegi denelerdin' ten' salmaqlıqta turıw nızamları ha'm salmaq orayın' qozg'alısı haqqındag'ı printsip, denelerdin' gorizontqa mu'yesh jasap bag'ıtlang'an qozg'alıları ha'm bunday qozg'alıstıg'ı traektoriyalardıń parabola ta'rizli ekenligi qarap o'tilgen, ballastikanın' baska da teoremları da'lillengen.

- E.Torrishelli ashıq ıdıstıg'ı tesikten suyıqlıqtın' shıg'ıw tezligi ushın formulanı keltirip shıg'ardı (Torrishelli formulası).

1643-jılı atmosferalıq basımın' ashılıwı (E.Torrishelli). Atmosferalıq basımın' bar ekenligi boyınsha birinshi ta'jiriybeni E.Torrishellidin' ko'rsetpesi boyınsha V.Viviani o'tkerdi, ta'jiriybenin' juwmaqları E.Torrishelli ta'repinen 1644-jılı tu'sindirildi.

1644-jılı vakuumnıń alınıwı («Torrishelli boslıg'ı» dep atalg'an) ha'm barometrdin' sog'ılıwı (E. Torrishelli). «Barometr» terminin 1662-1663 jılları R.Boyl kirgizdi.

- R. Dekartın' «Filosofıyanın' baslaması» degen miyneti jarıq ko'rdi. Bul miynette inertsıya nızamı anıq bayanlang'an, magnetizm teoriiyası berilgen ha'm birinshi kosmogoniyalıq gipoteza bayanlang'an¹⁰. Sonın' menen birge bul kitapta onın' qozg'alıstın' saqlanıw nızamı bayanlang'an (Dekartta tezlik skalyar shama). Bul nızamnıń bar ekenligi xaqqındag'ı pikirdi R.Dekart 1639-jılı aytqan edi.

1648-jılı jaqtılıqtın' dispersiyasınıń ashılıwı (YA.Martsı).

- Biyiklikke baylanışlı atmosferalıq basımın' kishireyiwi eksperimentte tabıldı (eksperimentlerdi B.Paskaldın' ideyası boyınsha F. Pere o'tkerdi).

1653-jılı B.Paskal ta'repinen suyıqlıqtıg'ı basımın' tarqalıw nızamı tabıldı (Paskal nızamı), bul na'tiyjeler 1663-jılı «Suyıqlıqlardıń ten' salmaqlıg'ı» traktatında baspadan shıg'arılğ'an.

1654-jılı O.Gerike «Magdeburg yarım sharları» menen demonstratsiyalıq ta'jiriybe o'tkerdi ha'm atmosferalıq basımın' bar ekenligin da'lilledi.

1655-jılı sinap termometrinin' sog'ılıwı.

1657-jılı X.Giuygens tu'siw mexanizmine iye mayatnikli saattı konstruksiyaladı. Bunday saatlar da'l eksperimentallıq texnikanın' tiykarın quradı¹¹.

1660-jılı R.Guk qattı denelerdin' serpinligi nızamnı ashtı (Guk nızamı). Bul 1676-jılı jarıq ko'rdi.

- R. Boyl ha'm R.Guk Gerikenin' hawa nasosın jetilistirdi (Boyl nasosı).

1661-jılı R.Boyl ha'm R.Tounli gazdin' ko'lemi menen basımı arasındag'ı keri proporsionallıqtı taptı. Usınday g'a'rezlikti 1676-jılı E.Mariotta taptı (Boyl-Mariott nızamı).

- R.Boyl «Ximik-skeptik» atlı miynetinde denenin' en' a'piwayı quramlıq elementi sıpatında ximiyalıq element tu'sinigin kirgizdi.

1662-jılı P.Ferma geometriyalıq optikanın' tiykarg'ı printsipin keltirip shıg'ardı (Ferma printsipi).

1663-jılı E.Somerset puw mashinasın oylap taptı (1667-jılı Londonda sog'ılğ'an ha'm bul mashina suwdı 40 fut biyiklikke ko'tergen). 1705-jılı bolsa puw-atmosferalıq suw ko'teriwshi mashınanı T.Niukomen do'retti.

1665-jılı F.Grimaldidin' «Jaqtılıq, ren' ha'm raduga haqqında» dep atalıwshı miyneti jarıqqa shıqtı, bul miynette jaqtılıqtın' difraktsiyası qubılısın' ashılıwı orın alg'an.

¹⁰ «Kosmogoniyalıq gipoteza» - Quyash sistemasın' payda bolıwı haqqındag'ı gipoteza.

¹¹ Saatta mayatnikti paydalanıwdı birinshi bolıp G.Galiley 1636-jılı using'an edi.

- R.Guktin' «Mikrografiya» miyneti jariq ko'rdi. Bul miynette onin' mikroskopiya baqlawlarinin' na'tiyjeleri, difraktsiya qubılısı orın alg'an, sonın' menen bir qatar jaqtılıqtın' ko'ldenon' tolqın ekenligi haqqında gipoteza keltirilgen.

1665-66 jılları İsaak Niuton deneler arasındag'ı tartılıs ku'shinin' shamasının' sol deneler arasındag'ı kashılıqtın' kvadratına kerı proporsional ekenligin taptı.

1665-jılı X.Giuygens ha'm R.Guk termomerdin' tiykarıg'ı noqatları retinde muzdın' eriw noqatı menen suwdın' qaynaw noqatın alıwdı usındı. 1694-jılı tap usınday ideyanı K.Renaldini usındı.

1666-jılı İ.Niuton ta'repine aq jaqtılıqtın' spektrge (jaqtılıqtın' dispersiyası) «qaytadan» ashıldı, xromatik aberratsiya qubılısı ashıldı, jaqtılıqtın' korpuskulalıq teoriyası do'retildi. O'zinin' «Jaqtılıq penen ren'lerdin' jana teoriyası» miynetin Niuton 1672-jılı, keyin 1675-jılı London korollik ja'miyetinin' (*The Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge*) ma'jilislerinde bayanladı, bul bayanlamalardı tiykarında 1704-jılı onın' «Optika» kitabı jariq ko'rdi¹².

1668-jılı İ.Niuton aynalı teleskop-reflektor soqtı (onın' proektin 1663-jılı Dj.Gregori using'an edi).

- R.Guk barlıq deneler ushın qaynaw ha'm eriw noqatların' turaqlı ekenligin ko'rsetti.

1669-jılı E.Bartolin island shpatı kristalındag'ı qos nur sıdırıw qubılısın ashtı.

- Fosfordin' xemiliuminestsentsiyasının' ashılıwı (G.Brandt).

- X.Giuygens o'zinin' «Denelerdin' soqqının' ta'sirindegi qozg'alısı» memuarında serpinli denelerdin' oraylıq soqqısının' teoriyasın berdi, qozg'alıs mug'darının' (mv) saqlanıw nızamı menen «tiri» ku'shler (mv^2) nızamın ashtı. Mexanikalıq qozg'alıstın' o'lsheмі sıpatında «tiri ku'shler» (kinetikalıq energiya) tu'sinigin 1686-jılı G.Leybnits usındı. Ol ja'ne «tiri ku'shler» din' saqlanıw nızamın ashtı.

1673-jılı X.Giuygenstin' «Mayatnikli saatlar» dep atalatug'ın miyneti jariq ko'rdi. Bul miynette fizikalıq mayatnik teoriyası, inertsia momenti tu'sinigi ha'm oraydan qashıwshı ku'shler nızamları orın alg'an.

1674-jılı D. Papin ta'repinen suwdın' qaynaw temperaturasının' basımnan g'a'rezligi ashıldı (kishi basımlarda suw 100 °S dan to'men temperaturalarda qaynaydı).

1676 -jılı O.Rëmer İUpiterdin' joldasların baqlawdın' na'tiyjesinde jaqtılıqtın' shekli tezlik penen tarqalatug'ınlıg'ın anıqladı ha'm o'zi alg'an na'tiyjelerdin' tiykarında 214000 km/s shamasın aldı (usı da'wirge shekem Dj.Porta, İ.Kepler, R.Dekart ha'm basqalar jaqtılıqtın' tezligin sheksiz u'lken dep esapladı).

1678-jılı X.Giuygens ta'repinen jaqtılıqtın' tolqınlıq qa'siyetinin' ashılıwı ha'm onın' tiykarında sol waqıtları belgili bolg'an qubılıslardı tu'sindiriwi. Jaqtılıqtın' tolqınlıq qa'siyeti haqqındag'ı ideyanı birinshi ret 1648-jılı YA.Martsi ha'm 1665-jılı F.Grimaldi ha'm R.Guk usındı.

- Jaqtılıqtın' polarizatsiyasının' ashılıwı (X.Giuygens).

- X.Giuygens birinshi bolıp ta'jiriybeler o'tkeriw jolı menen Parij qalası ushın salmaq ku'shinin' ma'nisin anıqladı ($g = 979,9 \text{ sm/c}^2$).

1680-jılı D.Papin birinshi qazandı soqtı (Papin qazanı). 1681-jılı ol kazang'a saqlaw (predoxranitel) klapan ornattı.

KLASSİKALIQ FİZİKA DA'WİRİ (XVII a'sirdin' aqırı - XX a'sirdin' bası)

BİRINSHI ETAP (XVII a'sirdin' aqırı - XIX a'sirdin' 60-jılları)

¹² London korollik ja'miyeti (*The Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge*) Ullibritaniyanın' en' aldın'g'ı ilimiy ja'miyeti. 1660-jılı sho'lkemlestirilgen, 1662-jılı Korol xartiyası ta'repinen tastıyqlang'an. Milliy İlimler akademiyası sıpatında ha'reket etedi. 1703-jıldan baslap 1727-jıl'g'a shekem ja'miyettin' prezidenti lawazımında İ.Niuton isledi. Ha'zirgi waqıtta (2005-jıldan beri) ja'miyetti belgili astrofizik Martin Djon Ris basqaradı.

1687-jılı İsaak Niutonın «natural filosofiyanın» matematikalıq baslamaları» («Baslamalar») kitabı jariqqa shıqtı. Bul kitapta mexanikanın tiykarg'ı tu'sinikleri menen aksiomatikası kirgizilgen. Mısalı mexanikanın tiykarg'ı u'sh nızamı (Niuton nızamları) ha'm pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamı. «Baslamalar» dın jariqqa shıg'ıwı fizika tariyxında jan'a da'wirdi basladı. Sebebi bul kitapta ta'biyattag'ı ko'p sanlı protsesslerdi basqaratug'ın mexanikanın tolıq do'retilip bolıng'an sisteması bayanlang'an.

1690-jılı X.Giuygenstin «Jaqtılıq haqqında traktat» miyneti jariq ko'rdi (1678-jılı pitkerilgen). Bul kitapta jaqtılıqtın tolqınlıq teoriyası (jaqtılıq tolqınları efirdegi serpimli impulsar ta'repinen qozdırıladi), aylanıp o'tiwshi tolqınlardı du'ziw (Giuygens printsip) ha'm onın o'zi ta'repinen ashılğ'an jaqtılıqtın polyarizatsiyası ta'riplengen.

1697-jılı T.Shtal flogiston teoriyasın islep shıqtı. Flogiston ideyasın 1669-jılı İ.Bexer da usındı.

1699-jılı G.Amonton qattı denelerdin sırtqı su'ykelis nızamın ashtı.

1701-jılı J.Savër turg'ın tolqınlar haqqındag'ı ko'z-qarastı kirgizdi.

1703-jılı X.Giuygenstin «Oraydan qashıwshı ku'sh haqqında» miyneti baspadan shıqtı. Bul kitapta oraydan qashıwshı ku'shtin an'latpası berilgen.

- Gollandiyalı iuelirler turmalindegi piroelektr qubılısın baqladı. Turmalinnin qızdırg'andag'ı elektrleniwin 1754-jılı Dj.Kanton ha'm F.Epinus baqlag'an edi.

1706-jılı birinshi shiyshe elektr mashinası sog'ıldı (F.Gauksbi).

- Gazlerdegi razryadlardı izertlewın baslanıwı (F.Gauksbi).

1710- (yamasa 1714-) jılı G.Farengeyttin 212° lıq (Farengeyt shkalası) termometrii sog'ıldı. Bul termometr ideyasın O.Rëmer using'an edi.

1718-jılı J.Jiuren kapillyar naylardag'ı suyıqlıqtın ko'teriliw nızamın ashtı (Jiuren nızamı).

1729-jılı elektr o'tkizgishlik qubılısı ashıldı (S. Grey).

- S.Grey o'tkizgishlege elektr zaryadın onın beti boyınsha tarqalatug'inlig'in ko'rsetti.

- P. Bugerdin «Jaqtılıqtın gradatsiyası haqqında optikalıq traktat» kitabı baspadan shıqtı. Bul kitapta fotometriyanın tiykarları bayanlang'an (mısalı onın ashqan ortalıq arqalı o'tkende jaqtılıqtın ha'lsirew nızamı keltirilgen (Buger-Lambert-Ber nızamı).

1730-jılı R.Reomiur termometrlerdegi 0 den 80° qa shekemgi shkalanı usındı (Reomiur shkalası).

1733-jılı elektr zaryadların eki tu'rinin, atlas zaryadların iyterilisetug'inlig'inin ha'm ha'r qıylı zaryadların bir birine tartılıw qubılısınin ashılıwı (SH.Diufe).

1738-jılı D.Bernullidin «Gidrodinamika» miyneti jariq ko'rdi. Bul miynette ideal suyıqlıqtın statsionar qozg'alısınin ten'lemesi (Bernulli ten'lemesi) ha'm kinetikalıq teoriyanın elementleri orın alg'an (Bernulli jıllıqtı bo'lekshelerdin qozg'alısı, gazdı mayda bo'lekshelerdin jıynag'ı, al gazdin ıdıs diywalına tu'sirgen basımın bul bo'lekshelerdin ta'siri dep qaradı).

1740-jılı fotometr sog'ıldı (P.Buger).

1742-jılı elektrdi «o'tkiziwshi (o'tkizgish)» ha'm «o'tkizbewshi (o'tkizgish emes)» tu'sinikleri kirgizildi (J.Dezagiule).

- A.TSelsiy termometrın ju'z graduslıq shkalasın usındı (TSelsiy shkalası).

1745-jılı E. Kleyst ha'm P. Mushenbruk birinshi elektr kondensatorın soqtı (Leyden bankası).

1746-jılı Dj.Ellikot ta'rezi printsipine tiykarlang'an elektrometrdi konstruksiyaladı.

- Qozg'alıs mug'darı momentinin saqlanıw nızamı ashıldı (L.Eyler, D.Bernulli).

1747-jılı J.Nolle elektroskoptı oylap taptı.

1748-jılı M.V.Lomonosov materiya menen qozg'alıs jog'almaydı ha'm joqtan bar bolmaydı degen ideyanı usındı (Lomonosovtın materiya menen qozg'alıstın saqlanıw nızamı).

- J.Nolle diywal arqalı ayırılıp turg'an suyıqlıqlardı diffuziyasın ashtı.

- J.Nolle osmostı ashtı.

1750-jılı M.V.Lomonosovtın «Jıllıq penen suwıqlıqtın sebepleri haqqındag'ı oylar» kitabı baspadan shıqtı. Bul kitapta onın jıllıq teoriyası bayanlang'an. Lomonosov boyınsha jıllıq zatların bo'lekshelerinin aylanbalı qozg'alısları menen baylanışlı. Usı kitapta temperaturalardıń absoliut noli haqqında da ideya bar.

- YA.Segner en' birinshi reaktiv gidravlikaliq turbinani konstruksiyaladı («Segner do'n'gelegi»).

- SHaqmaqtı alıp ketiwshi islep shıg'ıldı (molnieotvod) (B. Franklin). 1753-jılı shaqmaqtı alıp ketiwshini İ.Vinkler, al 1754-jılı P.Divish soqtı.

- B.Franklin elektrdin' unitar teoriyasın islep shıqtı, on' ha'm teris zaryadlar tu'sinigin, olardin' «+» ha'm «-» belgiler menen belgileniwin engizdi, elektr zaryadının' saqlanıw nızamın ashtı.

1755-jılı L.Eyler «Suyıqlıqlardın' qozg'alısının' ulıwmalıq printsipleri» ha'm «Suyıqlıqlardın' ten' salmaqlıg'ının' ulıwmalıq printsipleri» kitaplarında suıqlıqlardın' analitikaliq mexanikasın islep shıqtı, ideal suıqlıqlardın' qozg'alısının' tiykarg'ı ten'lemelerin keltirip shıg'ardı, D.Bernulli menen birlikte teoriyalıq gidrodinamikanın' do'retiwshisi bolıp tabıladı.

- J.Delkj birinshi bolıp muzdı eritiw ushın onı eriw temperaturasına shekem qızdırıwdın' jetkilikli emes, al basqa agregat halg'a o'tiw ushın (muzdın' suwg'a aylanıwı ushın) ja'ne bazı bir mug'dardag'ı jıllıqtın' kerek ekenligin ko'rsetti (eriwdin' jasırın jılıwı).

1756-jılı M.V.Lomonosov ta'repinen ximiyalıq reaksiyalarda zatlardın' massasının' saqlanıw nızamının' ashılıwı. Bul nızamdı 1774-jılı A. Lavuaze de ashtı.

1757-jılı Dj.Dollond axromat ob'ektivti do'retti. Bunday ob'ektiv ideyasın 1695-jılı D.Gregori ha'm onnan g'a'rezsiz 1747-jılı L. Eyler rawajlandırdı.

1758-jılı R.Boshkovishtin' «Ta'biyatta bar bolg'an ku'shlerdin' birden bir nızamına keltirilgen natural filosofiyanın' teoriyası» («Teoriya naturalnoy filosofii, privedennaya k edinomu zakonu sil, sumestvuiushix v prirode») kitabı jariq ko'rdi. Bul kitapta barlıq fizikalıq kulılıslardı tu'sindiriwge ha'reket islengen.

1760-jılı İ.Lamberttin' «Fotometriya yamasa jaqtılıqtı, ren'lerdi ha'm sayanı o'lshew ha'm salıstırıw» miyneti («Fotometriya, ili ob izmereniyax ha'm sravneniyax sveta, tsvetov ha'm teni») kitabı jariq ko'rdi. Bul kitapta fotometriyanın' tiykarg'ı tu'sinikleri ha'm nızamları, mısalı jaqtılıqtın' ortalıqtag'ı ha'sirew nızamı keltirilgen. (Buger-Lambert-Ber nızamı).

1762-jılı Muzdın' eriw ha'm puwg'a aylanıw jıllılıg'ı birinshi ret o'lsheydi (Dj.Blek).

1763-jılı İ.İ.Polzunov puw mashinasının' proektin islep shıqtı.

1770-jılı Dj.Blek jıllılıq sıyımlıg'ı tu'sinigin kirgizdi.

- Dj. Uatt quwattın' birligi bolg'an at ku'shin kirgizdi.

1772-jılı J.Deliuk suwdın' jıllılıq ken'eyiwindeki anomalıyanın' bar ekenligin taptı ha'm onnı tıg'ızlıg'ının' maksimallıq ma'nisinin' +4° ta orın alatug'ınlig'in ko'rsetti.

- İ. Vilke qattı denelerdin' jıllılıq sıyımlıg'ın birinshilerden bolıp o'lsheidi.

1775-jılı elektrofor jetilistirildi (A.Volta). Elektrofor 1757-jılı F.Epinus ta'repinen oylap tabılğ'an edi.

1777-jılı K.SHeele jıllılıq nurlanıwı tu'sinigin kirgizdi (nur jıllılıg'ı, lushistaya teplota) ha'm jıllılıq nurlanıwı u'stinde baqlawlar ju'rgizdi (jıllılıq nurları ha'm olardin' aynada shag'ılısıwı 1657-1667 jılları Florentsiyalıq ilimpazları ta'repinen baqlandı).

1781-jılı A.Volta sabannan islengen sezgir elektroskoptı oylap taptı.

1782-jılı R.Gaiui pezoelektr effektin ashtı.

1783-jılı A.Volta elektr kondensatorın soqtı.

- A.Lavuaze ha'm P.Laplas 1780-jılı oylap tabılğ'an muz kalorimetr ja'rdeminde ko'plegen qattı ha'm suıq denelerdin' jıllılıq sıyımlıqların anıqladı.

1784-jılı Djeyms Uatt universal puw dvigateli bolg'an u'zliksiz aylanıwshı qozg'alıs jasaytug'ın puw mashinasın do'retti (Uatt mashinası).

1785-jılı SH.Kulon ta'repinen elektr ta'sirlesiwini tiykarg'ı nızamı ashıldı (Kulon nızamı). Elektr ta'sirlesiw ku'shinin' qashılıqtın' kvadratına keri proporsionallıg'ın 1760-jılı D. Bernulli, 1766-jılı Dj.Pristli ha'm 1771-jılı G. Kavendish taptı.

1786-jılı D.Rittengaus difraktsiyalıq pa'njerini soqtı. 1821-jıldan baslap İ.Fraungoferde difraktsiyalıq pa'njereler ken' tu'rde qollanıla basladı. Usıg'an baylanıslı ko'p izertlewshiler İ.Fraungoferdi birinshi difraktsiyalıq pa'njerini oylap tapqan adam dep esaplaydı.

1787-jılı E.Xladni tarlar menen sterjenlerdin' boylıq terbelislerin taptı.

- E.Xladni akustikalıq figuralardın' payda bolıwı menen ju'retug'ın plastinkalardın' terbelislerin u'yreniw boyınsha ta'jiriybelerin isledi (Xladni figuraları).

- J.SHarl gazdın' basımının' temperaturadan g'a'rezligin an'latatugın gaz nızamlarının' birin ashtı (SHarl nızamı).

1791-jılı L.Galvanidin' «Bulshıq ettin' qozg'alısındag'ı elektr ku'shleri haqqındagı traktat» miyneti jariq ko'rđı. Bul miynetinde L.Galvanidin' 1786-jılı elektr tog'ın ashqanlığı haqqında mag'lıwmatlar bar edi.

- P.Prevo qozg'algısh jıllılıq ten' salmaqlıg'ı teoriyasın usındı.

1796-jılı P.Laplastın' «Du'nya sistemasın bayanlaw» miyneti baspadan shıqtı. Bul miynette onın' Quıyash sistemasının' payda bolıwı haqqındagı gipotezası bar edi.

- E.Xladni qattı denelerdegi ses tezliginin' hawadagı ses tezligine qatnasın o'lishedi.

1798-jılı G.Kavendish buralıwshı ta'rezinin' ja'rdeminde denelerdin' bir biri menen tartısıwın izertledi ha'm usı arqalı İ.Niutonnnın' pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamının' durıs ekenligin tastıyıqladı. Usının' menen birge ol Jerdin' tıgızlıg'ın esapladı ($5,18 \text{ g/sm}^2$).

- B.Rumford jıllılıqtın' mexanikalıq teoriyasının' durıs ekenligin da'lilleytugın ta'jiriybeler o'tkerdi.

1799-jılı G.Devi muzdın' eki bo'legin bir birine su'ykew arqalı suwg'a aylandırıw boyınsha ta'jiriybeler o'tkerdi (Devi ta'jiriybesi). Usınday jollar menen ol mexanikalıq jumıs islew arqalı jıllılıqtın' alınıwının' mu'mkinshiligın da'lilledi.

- A.Volta turaqlı elektr tog'mın' birinshi deregi bolg'an «volta bag'anasın» islep shıqtı. Bul galvanikalıq elementtin' prototipi edi.

- E.Xladni sterjenlerdin' aylanıw terbelislerin ashtı.

1800-jılı elektr tog'mın' jıllılıq ta'sir ashıldı (A.Furkrua).

- Suwdın' elektr tog'mın' ta'sirinde tarqalıwı ashıldı (U. Nikolson, A. Karleyl, İ. Ritter). Suw arqalı elektr ushqını o'tkende vodorodtın' ha'm kislorodtın' ajralıp shıg'atug'ınılıg'ın 1789-jılı A.Trustvik ha'm İ.Deyman baqlag'an edi.

- U.Gershel infraqızıl nurlardı ashtı.

- T.IUng ta'repinen sestin' interferentsiyasının' ha'm tolqınlardın' superpozitsiya printsipinin' ashılıwı.

1801-jılı T.IUng jaqtılıqtın' interferentsiyasının' printsipin ashtı. Bul printsipti 1815-jılı O.Frenel «qaytadan» ashtı.

- Ultrafiollet nurlardın' ashılıwı (U.Vollaston, İ.Ritter).

1802-jılı U. Nikolson elektr tog'mın' jaqtılıq qa'siyetin ashtı.

- Elektr togının' ximiyalıq ta'sirinin' ashılıwı (U.Vollaston).

- N.Gotro ta'repinen ximiyalıq elementtin' polyarizatsiyasının' ashılıwı. Metallardın' suyıqlıqlar menen kontaktindegi tez okisleniw faktin 1792-jılı Dj.Fabbronı ashtı.

- T.IUngom ta'repinen eki san'laqtan jaqtılıqtın' interferentsiyasın alıw boyınsha ta'jiriybeler isledi.

- J.Gey-Liussaktın' gazlerdin' ken'eyiwin izertlewi ha'm gazdın' ko'leminin' temperaturag'a baylanıslı o'zgeriya nızamın ashıwı (Gey-Liussak nızamı). Bun nızamdı sol jılı J.Gey-Liussaktan g'a'rezsiz Dj.Dalton da ashqan edi (1787-jılı usı g'a'rezlikti J. SHarl taptı, biraq ol jumıslarının' na'tiyjelerin baspadan shıg'armadı).

- V.V.Petrov ta'repinen elektr dugasının' ashılıwı ha'm elektr dugası menen ha'r qanday ta'jiriybelerdin' isleniwi (metallardı eritiw, ha'r qıylı zatlardı jag'ıw). Tap usınday ta'jiriybelerdi 1810-jılı G.Devi de isledi.

1803-jılı T. IUng ta'repinen ha'r qanday ren'ge iye jaqtılıq tolqınlarının' uzınlıqları o'lishendi. Ol qızıl jaqtılıqtın' tolqın uzınlıg'ı ushın 0,7 mikron, fiolet jaqtılıqtın' tolqın uzınlıg'ı ushın 0,42 mikron shamaların aldı.

- Dj.Dalton atomlıq salmaq tu'sinigin engizdi ha'm elementlerdin' atomlıq salmaqlarının' kestesin du'zdi.

1806-1807 jıllar P.Laplas ta'reipnen kapıllıyarlıq teoriyasının' do'retiliwi (bul jumısta molekularlar arasındag'ı tartısıw tek jaqın aralıqlarda g'ana seziledi degen ko'z-qaras paydalanılğan).

1806-jılı P.Laplas kapillyarlıq basımdı anıqlaw ushın formulanı keltirip shıǵ'ardı (Laplas formulası).

1807-jılı adiabatlıq ken'eyiwde gazdin' temperaturasınıń to'menlewı, al adiabatlıq qısılganda temperaturanın' joqarılawı tabıldı (J.Gey-Liussak). Bul qubılıstın' bar ekenligin E. Darwin (1788-jılı) ha'm Dj.Dalton (1800-jılı) aytqan edi.

- T.IUng ta'repinen serpimlilik moduliniń kirgiziliwı (IUng moduli).

1808-jılı E.Malius ta'repinen shag'ılısqanda jaqtılıqtın' polyarizatsiyag'a ushıraytug'ınlig'ı ha'm onın' atı menen atalatug'ın nızamnın' ashılıwı (Malius nızamı).

1809-jılı qattı denelerdegi sestin' tezligin o'lsheiw (J.Bio).

1810-jılı S.Puasson serpimlilik xarakteristikası bolg'an boylıq sozılıwdın' ko'ldenen' qısılgw'g'a qatnasın o'lsheidi (Puasson koeffitsienti).

1811-jılı A.Avogadro ta'repinen zatların' molekulaıq qurılısı ideyası usınıldı ha'm onın' atı menen atalatug'ın nızamnın' ashılıwı (Avogadro nızamı).

- Sing'anda jaqtılıqtın' polyarizatsiyalanatug'ınlig'inin' ashılıwı (E.Malius, J.Bio).

- D.Arago ta'repinen jaqtılıqtın' do'n'gelek polyarizatsiyasınıń (krugovaya polyarizatsiya) ashılıwı (bunday polyarizatsiyanı 1815-jılı J.Bio ha'm D.Briusterler de taptı).

- D.Arago kvartsta optikalıq aktivlikti ashtı (1815-jılı skipidardag'ı optikalıq aktivlikti J.Bio ashtı).

- S.Puasson potentsial teoriyasın elektrostikalıq qubılıslarg'a tarqattı ha'm onın' atı menen atalatug'ın Puasson teoreması dep atalatug'ın teoremanı keltirip shıǵ'ardı (1824-jılı ol teoremanı magnetizm ushın da qollandı).

1812-jılı J.Berar jıllılıq nurlarının' qos sınırıwın ashtı.

1813-jılı F.Delarosh ha'm J.Berarler gazlerdin' jıllılıq sıyımlıg'ın birinshi bolıp da'l o'lsheidi.

1814-jılı İ.Fraungoferdin' Quyashtın' spektrinde qaran'g'ı jutılıw sızıqlarının' bar ekenligin an'g'ardı, bul sızıqlar onın' atı menen atala basladı (Fraungofer sızıqları). Usınday sızıqlardı 1802-jılı U.Vollaston ta'repinen baqlang'an edi, biraq ol o'zinin' ashqan jan'alıg'ın bahalay almadı ha'm olardı naduris interpretatsiyaladı.

1815-jılı J.Bio ta'repinen polyarizatsiya tegisliginin' aylanıw nızamı ashıldı (Bio nızamı).

- D.Briuster sınırıw ko'rsetkishı menen jaqtılıqtın' tu'siw mu'yeshi (usınday mu'yeshite bette shag'ılıskan jaqtılıq tolıg'ı menen polyarizatsiyalang'an) arasındag'ı baylanıstı anıqladı (Briuster nızamı).

1815-jılı O.Frenel Giuygens printsipin «qaytadan» ashtı ha'm onı kogerentlik haqqındag'ı ko'z-qaras penen tolıqtırdı (printsip Giuygens-Frenel printsipi).

1816-jılı O.Frenel jaqtılıqtın' interferentsiyasını alıw ushın eki ayna menen ta'jiriybeler o'tkerdi (Frenel aynaları).

- O.Frenel ha'm D.Arago bir birine perpendikulyar polyarizatsiyalang'an tolqınlardıń interferentsiyalanbaytug'ınlig'in taptı.

- P.Laplas adiabatlıqtı esapqa alatug'ın ses tolkınınnın' hawadag'ı tezligi ushın formula aldı (adiabatlıq formula).

- U.Prout barlıq ximiyalıq elementlerdin' atomları pu'tin sanlar menen an'latılıadı, yag'nıy vodorod atomlarının' kombinatsiyaları bolıp tabıladı degen gipotezanı usındı (Prout gipotezası).

1817-jılı T.IUng jaqtılıq tolqınlarının' ko'ldenen'ligi haqqında boljaw ayttı (1819-ılı usınday boljawdı O.Frenel usındı).

1818-jılı O.Frenel ta'repinen zonalardı qurıw formasındag'ı jaqtılıqtın' difraktsiyası teoriyasın usındı (Frenel zonaları).

- O.Frenel qozg'alıwshı deneler optikasınıń baslamasını do'tetti.

1819-jılı O.Freneldin' jaqtılıqtın' interferentsiyasını alıw ushın biprizma menen ta'jiriybeler isledi (Frenel biprizması).

- P.Diulong ha'm A.Pti a'piwayı zatlar ushın salıstırmalı jıllılıq sıyımlıg'ın atomlıq salmaqqa ko'beymesinin' turaqlı shama bolatug'ınlig'in ashtı (Diulong ha'm Pti nızamı).

1820-jılı X.Ersted ta'repinen toqtın' magnitlik ta'siri ashıldı (ol 1812-jılı «elektr ku'shlerinin' magnitke ta'siri» haqqında boljaw aytqan edi). Bul jumıs elektromagnetizmnin' baslanıwına jol saldı.

- A.Amper elektr toqları arasındag'ı o'z-ara ta'sirlesiwdi ashti ha'm usı ta'sirlesiw nızamın taptı (Amper nızamı).

- A.Amper molekullıq toqlar haqqındag'ı gipotezanı usındı, bul gipotezanı toqlar menen magnetlerdin' ekvivalentiligi teoremasın' tiykarına qoydı (Amper teoreması), na'tiyjede magnetizmnin' elektr toqları ta'repinen kelip shıg'atug'ınlıg'ı haqqındag'ı ideya qa'liplesti.

- J.Bio ha'm F.Savar turaqlı toqtın' magnet maydanın anıqlaytug'ın nızamdı ashti (zakon Bio-Savar nızamı).

- Galvanometr islep shıg'ıldı (İ. SHveygger).

- P.Barlou elektromatordın' modelin islep shıqtı (Barlou do'n'gelegi).

1821-jılı o'tkizgishtin' qarsılıg'ı menen onın' uzınlıg'ı ha'm kese-kesimi arasındag'ı baylanıs ornatıldı (G.Devi).

- M.Faradey magnet maydanında toq o'tip turg'an o'tkizgishtin' burılatus'ınlıg'ın anıqladı.

- T.Zeebek termoelektrik effektı ashti (Zeebek effektı).

1821-1822 jılları L.Nave izotrop denenin' serpimlilik teoriyasın' ten'lemelerin ha'm qısılmaytugın jabisqaq suyuqlıqtın' qazg'alıs ten'lemesin keltirip shıg'ardı.

- İ.Fraungofer difraktsiyalıq pa'njereden jaqtılıqtın' difraktsiyasın aldı (Fraungofer difraktsiyası). Bul qubılıs M. SHverd ta'repinen tolıq teoriyası ko'z-qarasları boyınsha tu'sindirildi. Bul jaqtılıqtın' tolıq uzınlıg'ın da'l o'lsheuge mu'mkinshilik berdi ha'm spektroskopıyanın' payda bolıwın' baslaması boldı.

1822-jılı A.Amper solenoid sog'ıp aldı.

- J.Furenin' «Jıllılıqtın' analitikalıq teoriyası» kitabı jarıq ko'rdi.

- Sızıqlı spektrlerdin' ashılıwı (U.Gershel).

- A.Gumboldt ha'm A.Arago hawadag'ı sestin' tarqalıw tezligin o'lshegi ha'm onın' ushın 331,2 m/s shamasın aldı (1825-jılı bul tezlik ushın 332,77 m/s ma'nisi alıng'an edi).

1823-jılı O.Frenel eki ortalıqtın' shegarasındag'ı jaqtılıqtın' sınıw ha'm shag'ılısıw nızamın ashti (Frenel formulaları).

- S.Puasson adiabatannın' ten'lemesin keltirip shıg'ardı (Puasson ten'lemesi).

1824-jılı S.Karnonın' «Ottın' qozg'awshı ku'shi ha'm usı ku'shti rawajlandırıwg'a uqıplı bolg'an mashinalar haqqında» miyneti jarıq ko'rdi. Bul miynette termodinamikanın' ekinshi baslamasın' formulirovkası, jıllılıqtın' mexanikalıq jumısqa aylanıwı orın alatug'ın qaytımlı aylanbalı protsess (Karno tsikli) ha'm jıllılıq dvigatellerinin' paydalı ta'sir koeffitsienti (Karno teoreması) haqqındag'ı mag'lıwmatlar keltirilgen.

1825-jılı kristallardın' anizotropiyası ashıldı (E.Mitscherlix).

- L.Nobili astatikalıq galvanometrdi oylap taptı.

- U.Sterdjén ta'repinen elektromagnittin' sog'ılıwı. 1828-jılı Dj.Genri a'dewir ku'shke iye elektromagnetlerdi konstruksiyaladı.

- E.Avgust psixometr soqtı (Avgust psixometri).

1826-jılı G.Om eksperimentler o'tkeriw arqalı toq ku'shin, qarsılıqtı ha'm kernewdi baylanıstıratug'ın elektr shınjırının' tiykarıg'ı nızamın ashti (Om nızamı). 1827-jılı bul nızamdı teoriyalıq jollar menen keltirip shıg'ardı.

- J.Gey-Liussak o'zi ashqan nızamdı Boyl-Mariott nızamı menen biriktirip gaz xalının' ten'lemesin keltirip shıg'ardı.

- J.Ponsele ha'm onnan g'a'rezsiz G.Koriolis ku'shtin' o'tilgen jol menen ko'beymesi tu'rindegi jumıs tu'sinigin kirgizdi.

- N.İ.Lobashevskiy Evklid geometriyasınan basqa jan'a geometriyanı do'retti (Lobashevskiy geometriyası).

1827-jılı shınjırdag'ı «elektr qozg'awshı ku'sh» ha'm «kernewdin' tu'siwi», «o'tkizgishlik» tu'sinikleri kirgizildi (G.Om).

- R.Broun ta'repinen eritpedegi mayda bo'lekshelerdin' taotikalıq qozg'alısları ashıldı (Broun qozg'alısı).

- J.Kolladon ha'm YA.SHturm Jeneva ko'linde suwdag'ı sestin' tezligin anıqlaw boyınsha ta'jiriybeler o'tkerdi ha'm 1435 m/s shamasın aldı.

1828-jılı Dj.Grinnin' «Matematikalıq analizdi elektr ha'm magnetizm teoriyasında qollanıw ta'jiriybesi haqqında» atlı kitabı jariq ko'rdi. Bul kitapta potentsial funktsiya tu'sinigi ha'm bir qatar teoremlar bar.

- U.Nikol sıziqlı polyarizatsiyalang'an jaqtılıqtı alıw maqsetinde ha'k shpatınan sog'ılg'an eki prizmanın' kombinatsiyasınan turatug'ın polyarizatsiyalıq prizmanı oylap taptı (Nikol prizması).

1829-jılı A.S.Bekkerel a'zzi polyarizatsiyalanatug'ın galvanikalıq elementti do'retti. 1836-jılı depolyarizatorg'a iye turaqlı ximiyalıq elementti Dj.Daniel (Daniel elementi), al 1839-jılı U.Grouv (Grouv elementi) aldı.

- G.Koriolis quramalı qozg'alıslarda orın alatug'ın qosımsha tezleniw tu'sinigin kirgizdi (Koriolis tezleniwi).

1830-jılı K.Gauss elektrostatiikanın' tiykarg'ı teoremasın usındı.

- L.Nobili termopara soqtı.

- G.Om toq dereginin' elektr qozg'awshı ku'shin o'lishedi.

1830-jılı F. Savar a'dettegi adam qulag'ının' esitiwiniń sheklerin taptı: 24000 Gts (joqarı shegi) ha'm 14-16 Gts (to'mengi shegi).

1831-jılı M.Faradey elektromagnit induktsiyası qubılısın ashtı (Dj.Genri ta'repinen induktsiya printsipi 1831-jılı ashılǵ'an edi, biraq Faradey o'zinin' ashqan jan'alıg'ın birinshi bolıp baspadan shıǵ'ardı).

- Dj.Genri ha'm S.dal Negro bir birinen g'a'rezsiz birinshi elektr dvigatelin soqtı (1827-1828 jılları elektr dvigatelinin' modelin A.Yedlik islep shıqqan edi).

1832-jılı İ.Piksi elektromagnit induktsiyası prinsipin paydalanıwshı o'zgermeli toqtın' birinshi generatorın soqtı.

- Dj.Genri o'zlik induktsiya qubılısın ashtı.

- K.Gauss o'lsheplerdin' absoliut sistemasın usındı, bul sistemada uzınlıq birligi retinde millimetr, massa birligi sıpatında milligramm, al waqt birligi retinde sekunda qabıl etildi.

- Konuslıq refraktsiyanın' ashılıwı (X.Lloyd). Bunday refraktsiyanın' bar ekenligin 1828-jılı U.Gamilton ta'repinen boljap ayıldı.

1833-jılı jıllılıq nurlarının' interferentsiyasınin' baqlanıwı (K.Matteushi).

- E.X.Lents induktsiya elektr qozg'awshı ku'shinin' bag'ıtın anıqlaytug'ın qag'ıydanı islep shıqtı (Lents qag'ıydası yamasa Lents qa'desi).

- M.Melloni termobag'anani soqtı.

- M.Faradey en' birinshi bolıp ku'kirtli gu'mistin' qarsılıg'ının' temperaturanın' o'siwi menen kemeyetug'ınlıg'ın taptı. Bul yarım o'tkizgishlerdin' ayqın belgisi bolıp tabıladi.

- M.Faradey ta'repinen elektroliz nızamlarının' ashılıwı.

1834-jılı J.Pelte eki tu'rli o'tkizgishdin' da'nekerlengen ushastkası arqalı toq o'tkende jıllılıqtın' shıǵ'arılıw yamasa jutılıw qubılısın ashtı (Pelte effekti).

- M.Faradey ta'repinen ku'sh sıziqları tu'siniginin' usınılıwı (maydan ideyası). Faradeydin' ku'sh sıziqları teoriyası en' da'slepki formasındag'ı maydan teoriyası bolıp tabıladi.

1834-jılı M.Faradey ionlardın' bar ekenligi haqqında gipotezanı usındı, al ionlardın' bar ekenligi eksperimentte 1853-jılı İ.Gittorf ta'repinen da'lillendi.

- B.S.YAkobi turaqlı toq penen isleytug'ın elektromotordı soqtı (aylanıwshı isshi valg'a iye elektrodvigatel).

- Jıllılıq nurlanıwının' polyarizatsiyasınin' ashılıwı (Dj.Forbs). 1836-jılı bul ashılıwdın' durıslıg'ın M.Melloni tastıyıqladı.

- U.Gamilton klassikalıq mexanika menen geometriyalıq optika arasındag'ı uqsashlıqtı (analogiyanı) taptı ha'm usının' na'tiyjesinde mexanikanın' ten'lemelerine kanonikalıq forma berdi.

- B.Klapeyron ideal gaz halının' ten'lemesin keltirip shıǵ'ardı, bul ten'leme 1874-jılı D.İ.Mendeleev ta'repinen ulıwmalastırıldı (Mendeleev-Klapeyron ten'lemesi).

- B.Klapeyron qaytımlı aylanbalı Karno protsessinin' teoriyasın do'retti.

1835-jılı Koriolis ta'repinen salıstırmalı qozg'alıs teoriyası do'retildi.

- M.Faradey shınjırdı tuyıqlag'anda ha'm u'zgende baqlanatug'ın ekstratoqlardı taptı ha'm sol toqlardıń bag'ıtın anıqladı.

- M.Melloni jıllılıq nurları menen jaqtılıq nurları birdey ta'biyatqa iye, olar tek tolqın ushınılıǵ'ı menen praqlanadı dep boljadı (usınday pikirdi 1807-jılı T.IUng aytqan edi).

1837-jılı M.Faradey dielektriklerdin' polyarizatsiyasın ashtı. Ol ja'ne elektr ha'm magnit maydanların' ta'sirinin' aralıqlıq ortalıq arqalı jetkerilip beredi dep esapladı (1758-jılı dielektriktin' polyarizatsiyasın İ.Vilke de baqladı).

- SH.Uitston sestin' tembrinin' obertonlardın' salıstırmalı intensivligi boyınsha anıqlanatuǵ'ınıǵ'ın taptı.

1839-jılı M.Faradey elektretlerdi turaqlı magnittin' elektrostatikalıq analogı degen boljaw ayttı (bul termindi 1892-jılı O.Xevisayd usındı). Egushi ta'repinen v 1919-jılı alındı (keyinirek termo-elektretler dep atala basladı). 1938-jılı G.Nadjakov fotoelektretlerdi ashtı, al 1958-jılı bolsa radio-elektretler ashıldı (B.Gross).

- U.Gamilton gruppalıq tezlik tu'sinigin kirgizdi, bul tu'sinik Dj.Releydin' jumıslarında rawajlandırıldı (ko'p waqıtlar dawamında bul fakt Dj.Releyge ha'm Dj.Stoksu baylanıstırılıp keldi).

1840-jılı J.Puazeyl suyıqlıqtın' jin'ishke kapillyar nay arqalı o'tiw nızamın ashtı (Puazeyl nızamı).

- Dj.Djoul magnitlik toyınıw qubılısın taptı.

1841-jılı Dj.Djoul elektr tog'mın' jıllılıq ta'sirin taptı. Toqtın' jıllılıq ta'sirin 1842-jılı E.X.Lentste tapqan edi. Usının' saldarınan Djoul-Lents nızamı atı kelip shıqtı.

1842-jılı IU.Mayer ta'repinen energiyanın' saqlanıw nızamının' ashılıwı ha'm jıllılıqtın' mexanikalıq ekvivalentinin' anıqlanıwı (IU.Mayerden g'a'rezsiz usınday nızamnın' ashılıwına 1843-jılı Dj.Djoul, 1847-jılı G.Grin ha'm G.Gelmgolts kelgen edi. G.Gelmgolts energiyanın' barlıq tu'rlerine qollanıw arqalı energiyanın' saqlanıw nızamının' qollanıwı sheklerin ken'eytti).

- X.Doppler salıstırmalı qozg'alıstın' sestin' ba'lentligine ta'sirin boljadı (Doppler effekt). 1848-jılı A.Fizo bul printsipti optikalıq qubılıslar ushın qollandı (Doppler-Fizo effekt).

- Kondensatordın' razryadının' terbelmeli xarakterge iye kenliginin' tabılıwı (Dj.Genri). 1847-jılı Leyden bankasının' razryadının' terbelmeli xarakterge iye ekenligin G.Gelmgolts atap o'tti.

- Dj.Djoul magnitostriksiyalıq effektini ashtı.

1843-jılı Dj.Djoul jıllılıqtın' mexanikalıq ekvivalentin o'lishedi.

- M.Faradey eksperimentte zaryadların' saqlanıw nızamın da'lilledi.

- SH.Uinston qarsılıqtı o'lishewdin' usılın islep shıqtı (Uinston ko'piri).

- J.Plato bet kerimi ku'shlerinin' suyıqlıqtın' betinin' formasına ta'sirin da'lillewshi ta'jiriybeler o'tkerdi (Plato ta'jiriybesi).

1844-jılı barometr-aneroid do'retildi (L.Vidi). Onın' ideyasın 1702-jılı G.Leybnits boljap aytqan edi.

1845-jılı elektromagnit induktsiyasının' birinshi matematikalıq teoriyasının' do'retiliwi ha'm tuyıq o'tkizgishler ushın elektromagnit induktsiyası nızamının' tabılıwı (F.Neyman).

- V.Veber qozg'alıwshi eki zaryadtın' bir birine ta'sir etisiw nızamın tabıw arqalı elektromagnit qubılıslardıń teoriyasın islep shıqtı.

1845-47 jıllar G.Kirxgof ta'repinen tarmaqlang'an elektr shınjırındag'ı elektr tog'mın' tarqalıw nızamlıǵ'ı ashıldı (Kirxgof qag'ıydaları).

1845-jılı V.Xankel suyıqlıqlardıń elektr o'tkizgishliginin' temperaturanın' artıwı menen artatuǵ'ınıǵ'ın ashtı.

- M.Faradey ta'repinen diamagnetizm ha'm paramagnetizmnin' ashılıwı (bul terminlerdi de M.Faradey kirgizdi). Bunnan aldınraq A.Burgmans eksperimentte paramagnittin' magnit maydanına tartılatuǵ'ınıǵ'ın, al diamagnetiktin' magnit maydanınan iyteriletuǵ'ının tapqan edi.

- M.Faradey jaqtılıqtın' polyarizatsiya tegisliginin' magnit maydanındag'ı aylanıwın ashtı (Faradey effekt).

- X. Beys-Ballot eksperimentte Doppler effektinin' akustikalıq tolqınlar ushın da orınlanatuǵ'ınıǵ'ın taptı.

- Dj.Djoul ideal gazdin' ishki energiyasının' ko'lemnenn g'a'rezsizligin anıqladı (Djoul ta'jiriybesi).

- Dj.Stoks suyuqlıqtardın' jabisqaqlıg'ı teoriyasın ha'm qısılmaytug'ın jabisqaq suyuqlıqlardın' qozg'alis teoriyasın do'retti (Nave-Stoks teoriyası).

1845-jılı J.Diuamel o'zinin' «Mexanika kursında» denenin' massasın usı deneye tu'sirilgen ku'shtin' denenin' tezleniwine qatnası tu'rinde anıqlawdı usındı.

1846-jılı birinshi universitetlik fizikalıq laboratoriyalar do'retildi (U. Tomson, F. Jolli). Bunnan burınraq G.Magnus ha'm F.Neyman ta'repinen menshik laboratoriyalar sho'lkemlestirilgen edi.

- U.Grouv eksperimentte suwdın' elektrolitlik dissotsiatsiyasın da'lilledi.

1847-jılı Dj.Gerapat gazdın' bo'lekshelerin barlıq waqıtta u'lken tezlikler menen qozg'alatug'ın serpimli sharlar tu'rinde qarawdı usındı. Olar soqlıg'ısıwıların' aqıbetinde qozg'alis bag'ıtların o'zgertedi, al soqlıg'ısıwlar aralıg'ında tuwrı sızıqlı traektoriya boyınsha qozg'aladı (ideal gaz modeli). Usınday ko'z-qarastan ol gaz nızamların, diffuziya qubılısın ha'm gazlerdegi sestin' tarqalıwın, gazdın' basımın tu'sindirdi. 1856-jılı usınday modeldi A.Krenit du'zdi.

1848-jılı A.Fizo Dopler printsipin optikada jaqtılıq tolqınları ushın qollandı (Dopler-Fizo effekti).

- U.Tomson ta'repinen absoliut temperatura ha'm temperaturalardın' absoliut shkalası tu'sinikleri kirgizildi (Kelvin shkalası).

- V.Veber elektrodinamometr soqtı.

- Dj.Djoul gaz molekulasının' (vodorod molekulasının') qozg'alis tezligin esapladı ha'm onı 1851-jılı baspadan shıg'ardı.

1849-jılı A.Fizo birinshi bolıp jaqtılıqtın' tezligin laboratoriyalıq sharayatlarda tisi bar do'n'gelekti qollanıw menen o'lshegi ha'm $s = 313274,3$ km/s shamasın aldı.

1849-50 jıllar U.Rankin ha'm R.Klauzius bir birinen g'a'rezsiz jıllılıq penen mexanikalıq jumıs arasındag'ı qatnastı anıqladı (termodinamikanın' birinshi baslaması).

1850-jılı jaqtılıqtın' hawadag'ı ha'm suwdag'ı tezligin aylanıwshı aynalar ja'rdeminde o'lshegi (L.Fuko). Fukonın' mag'lıwmatları boyınsha suwdag'ı jaqtılıqtın' tezligi hawadag'ı jaqtılıqtın' tezliginin' $3/4$ bo'legin quraydı.

- R.Klauzius termodinamikanın' ekinshi nızamın keltirip shıg'ardı (1851-jılı ekinshi nızamnın' formulirovkasın U.Tomson usındı).

- R. Klauzius U.Rankinnen g'a'rezsiz puw mashinasının' ideal tu'rdegi termodinamikalıq tsiklin islep shıqtı (Rankin-Klauzius tsikli).

- Ogiust Brave kristallardag'ı atomlar kristallıq pa'njere tu'rinde ta'rtiplesken dep boljadı (Brave teoriyası).

- X. Doppler ta'repinen Vena universiteti janında birinshi fizikalıq institut sho'lkemlestirildi (1871-jılı Kembridj universitetinde Kavendish laboratoriyası sho'lkemlestirildi).

1851-jılı A.Fizo jaqtılıqtın' tezligine jaqtılıq tarqalıwshı ortalıqtın' tezliginin' ta'sirin taptı ha'm qozg'alıwshı suwdag'ı jaqtılıqtın' tezligin o'lshegi (Fizo ta'jiriybesi).

- A.E.Bekkerel fotogalvanikalıq effekti ashtı (galvanikalıq elementtin' elektr qozgawshı ku'shinin' jaqtılıqtın' ta'sirinde o'zgeriwi, Bekkerel effekti).

- L.Fuko mayatniktin' ja'rdeminde Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde aylanatug'ınlıg'ın da'lilledi (Fuko ta'jiriybesi).

- G.Rumkorf induktsiyalıq tu'teni (katushkanı) oylap taptı (Rumkorf tu'tesi). 1836-jılı induktsiyalıq tu'teni irlandiyalıq N.Kallan, al 1838-jılı amerikalıq SH.Peydj oylap tapqan edi. Biraq olardın' jumıslar haqqında hesh kim hesh na'rse bilmedi.

- Dj.Stoks qattı shar jabisqaq suyuqlıq arqalı a'ste-aqırınlıq penen qozg'alg'anda suyuqlıq ta'repinen sharg'a ta'sir etetug'ın ku'shtin' shamasın anıqlaytugın nızamdı ashtı (Stoks nızamı).

1852-jılı M.Faradey anıq tu'rde maydan kontseptsiyasın keltirip shıg'ardı (ol maydan tu'sinigin 1830-jılları kirgizdi).

- Dj.Stoks ta'repinen liuminesentsiya jaqtılıg'ının' uzınlıg'ının' qozdırıwshı jaqtılıqtın' uzınlıg'ınan u'lken ekenligi tabıldı (Stoks qag'ıydası).

1853-jılı G.Videman ha'm R.Frants ta'repinen metallardın' jıllılıq o'tkizgishliginin' olardın' elektr o'tkizgishligine qatnasının' temperaturadan g'a'rezlilik nızamı ashıldı (Videman-Frants nızamı).

- U.Tomson kondensator menen induktivli tu'teden turatug'ın elektr konturındag'ı elektr terbelislerinin' teoriyasın islep shıqtı, sıyımlıq penen induktivlikke g'a'rezli bolg'an konturdın' menshikli terbelislerinin' jiyiligin anıqlaytug'ın formulanı keltirip shıg'ardı (Tomson formulası).

1853-54 jılları Dj.Djoul ha'm U.Tomson gazdın' quwıslıqları bar o'tkel arqalı aste-akırınlıq penen o'tkende salqınlaw protsessin ashtı (Djoul-Tomson effekti).

1854-jılı R.Klauzius qaytımlı protsessler ushın termodinamikanın' ekinshi baslamasının' matematikalıq an'latpasın berdi (1862-jılı ol usınday jumıstı qaytımsız protsessler ushın orınladı).

- G.Riman Evklid geometriyasınan baska geometriyanı do'retti (Riman geometriyası).

1855-jılı A.Fik diffuziyanın' elementar nızamın ashtı (duzlı eritpeler ushın).

- J.Lissaju terbelislerdi qosıwdın' optikalıq usılın islep shıqtı (Lissaju figuraları).

- G.Geyssler sınap vakuumlıq nasostı soqtı (Geyssler nasosı).

1856-jılı U.Tomson ta'repinen eger o'tkizgishtin' uzınlıg'ı boyınsha temperaturalar o'zgerisi payda etiletug'ın bolsa, onda toq o'tip turg'an o'tkizgishtin' ko'lemine jıllılıqtın' shıg'arılwı yamasa jutılıwı effekti ashıldı (Tomson effekti).

- R.Klauzius puw mashinası ushın qızdırg'ısh penen salqınlatqıstın' temperaturaları arqalı paydalı ta'sir koeffitsienti ushın formulanı keltirip shıg'ardı (bunday jumıstı U.Rankin ha'm U.Tomsonlar da orınladı).

- J.Jamen interferentsiyalıq refraktometr soqtı (Jamen interferometri).

1857-jılı R.Klauzius gazlerdin' kinetikalıq teoriyasının' tiykarın do'retti. Bul teoriyanın' do'retiliwine D.Bernulli (1738), Dj. Gerapat (1847), Dj. Djoul (1848), A. Krëning (1856), Dj.Maksvell (1859-66) u'leslerin qostı

- birinshi spektrometr sog'ıldı (M.Meyershteyn).

1858-jılı G.Geyssler gazdın' spektrin izertlew ushın qolaylı bolg'an eki elektrodli, siyrekletilgen gazi bar ayna tu'tiksheni islep shıqtı (Geyssler trubkası).

1859-jılı G.Kirxgof ha'm R.Bunzen ta'repinen spektrallıq analizdin' ashılıwı.

- G.Kirxgof jıllılıq nurlanıwının' tiykarıg'ı nızamların' birin ashtı. Bul nızam boyınsha denenin' nur shıg'arıwshılıq qa'siyetinin' jutıw qa'siyetine qatnası nurlanıwshı denenin' ta'biyatınan g'a'rezli emes (Kirxgof nızamı).

- G.Kirxgof ta'repinen spektr sızıqların' aylanıw qubılısı ashıldı.

- Katod nurları ashıldı (IU.Pliukker), 1869-jılı katod nurların İ.Gittorf baqladı ha'm olardıń qa'siyetlerin ta'ripledi.

- IU.Pliukker gazdegi elektr razryadın' spektrin' gazdın' ta'biyatın ta'ripleytug'ınlıg'ın taptı.

- Dj.Maksvell molekullardıń tezlikler boyınsha tarqalıwının' statistikalıq nızamın taptı (Maksvell tarqalıwı). 1866-jılı ol molekullardıń tezlikler boyınsha tarqalıwın tabıwdın' jan'a usılın usındı.

- R.Klauzius molekullardıń ta'sir etiw sferası tu'sinigin usındı ha'm olardıń erkin ju'riw jolının' uzınlıg'ın esapladı.

ЕКІНШІ ЕТАП (XIX а'sirdin' 60-jıllarınan 1894-jıl'g'a shekem)

1860-jılı Dj.Maksvell ta'repinen elektromagnit maydanı teoriyasının' ashılıwı (maydannın' birinshi differentsial ten'lemeleri 1855-56 jılları jazıldı).

1860-jılı kollektori bar turıqlı toq dvigateli islendi ha'm onı dinamomashina sıpatında paydalanıwdın' mu'mkin ekenligi anıqlandı (A.Pashinotti). 1869-jılı Z.Gramm ta'repinen jetilistirildi. 1873-jılı F.Xefner-Altenek saqıyna ta'rizli yakordı baraban menen alıstırdı ha'm usınday jollar menen dvigateldin' konstruksiyasın a'piwayılastırdı ha'm quwatın u'lkeytti.

- G.Plante qorg'asın akkumulyatordı oylap taptı.

1861-jılı Dj.Maksvell ta'repinen «awısıw tog'ı» tu'siniginin' kirgiziliwı.

- T.Endrius ko'mir qıshqıl gazinin' (uglekisly gaz) kritikalıq temperaturasın ashtı (kritikalıq haldı 1822-jılı SH.Kanyar de Latur baqladı, kritikalıq temperaturanın' bar ekenligin 1860-jılı D.İ.Mendeleev boljadı).

1862-jılı jaqtılıqtın' anomallıq dispersiyasınıñ' ashılıwı (F.Leru), bunday dispersiyanı 1870-jılı K.Kristiansen ha'm 1871-jılı A.Kundtlar baqladı.

- G.Kirxgof «qara dene» kontseptsiyasını usındı ha'm onıñ' modelin berdi.

1864-jılı Dj.Maksvell «Elektromagnit maydanınıñ' dinamikalıq teoriyası» maqalasında elektromagnit maydanınıñ' anıqlamasın birinshi ret berdi ha'm onıñ' teoriyasınıñ' tiykarların qurdı.

1865-jılı Dj.Maksvell elektromagnit tolqınlarınıñ' bar ekenligin boljadı (postulatladı).

- Dj.Maksvell jaqtılıqtın' elektromagnitlik ta'biyatı haqqındag'ı kontseptsiyanı usındı (jaqtılıqtın' elektromagnitlik ta'biyatqa iye ekenligin 1846-jılı M.Faradey boljap aytqan edi). Jaqtılıqtın' elektromagnit teoriyasın 1867-jılı L.Lorentste islep shıqtı.

- I.U.Pliukker ha'm İ.Gittorf optikalıq spektrlerdi jolaq ha'm sızıqlı dep ekige bo'ldı.

- R.Klauzius ta'repinen «entropiya» tu'siniginin' kirgiziliwi ha'm jabıq sistemada entropiyanın' o'zgermey qalıw (qaytımlı protsesslerde) yamasa o'siw (qaytımlı emes protsessler) printsipinin' tabılıwı.

- İ.Loshmidt hawa molekulasının' diametrin esapladı ha'm $1,18 \cdot 10^{-6}$ mm shamasın aldı. Usı tiykarda gazdın' 1 sm^3 ko'lemindegi molekularlar sanın bahaladı (a'dettegi sharayatlarda $2,1 \cdot 10^{19}$ dana, bul san Loshmidt sanı dep ataladı).

- E.Villari magnitostriksiyag'a kerı bolg'an qubılıstı - magnetikti deformatsiyalag'anda magnitlengenliktin' o'zgerisin ashtı (bul qubılıstı magnitlik serpimli effekt yamasa Villari effekti dep ataydı).

- A.Tëpler sinap porshenge iye vakuum nasosın soqtı (Tëpler nasosı).

1866-jılı L.Boltsman Maksveldin' molekularların' tezlikler boyınsha tarqalıw nızamın sırtqı maydanda jaylasqan ideal gazdın' ulıwmalıraq jag'dayına qollandı (Maksvell- Boltsman tarqalıw nızamı).

- Dj.Maksvell ko'shiw teoriyasın ulıwma tu'rde rawajlandırdı ha'm bul teoriyanı diffuziya, jıllılıq o'tkizgishlik ha'm ishki su'ykelis protsesslerine qollandı.

- Dj.Maksvell relaksatsiya waqıtıt tu'sinigin kirgizdi.

1867-jılı Dj.Maksvell termodinamikanın' ekinshi baslamasınıñ' statistikalıq ta'biyatın ko'rsetti («Maksvell demonı»).

- Elektr mashinalarınıñ' o'zinen o'zi qozıw printsipti ashıldı (E.Simens). Bul printsipti 1838-jılı N.Kallan, 1858-jılı A.Yedlik ha'm 1867-jılı SH.Uitstonler da ashtı.

- U.Xeggins jaqtılıq ushın Doppler effektin taptı.

1868-jılı J.Leklanshe poroshok ta'rizli depolyarizatorı bar qurg'aq tsink-ko'mir galvanisheskalıq elementti soqtı (Leklanshe elementi).

1869-jılı D.İ.Mendeleev ta'repinen ximiyalıq elementlerdin' da'wirlik nızamınıñ' ashılıwı ha'm elementlerdin' da'wirlik sistemasınıñ' do'retiliwi. D.İ.Mendeleevten g'a'rezsiz da'wirlik sistemanı L.Meyerde taptı.

- Dj.Tindal optikalıq jaqtan bir tekli emes ortalıq arqalı o'tkende jaqtılıqtın' kishi bo'lekshelerden shashırawın ashtı (Tindal effekti). Bul qubılıs 1851-jılı E. Briukke ta'repinen de baqlandı.

1871-jılı Dj.Reley ortalıq ta'repinen jaqtılıqtın' shashıraw nızamın ashtı (Reley nızamı).

- İ.Stefan gazlerdin' diffuziya teoriyasın do'retti.

1872-jılı A.N.Lodigin ta'repinen qızdırıwshı elektr shırasınıñ' do'retiliwi. 1879-jılı T.Edison qızdırıw shırasına ko'mir sabaq (ugolnaya nit) ornatıp, onıñ' o'mirin a'dewir uzayttı ha'm sanaatta sog'ıwdı an'satlastırdı. Usınıñ' na'tiyjesinde qızatıg'ın ko'mir sabaqlı shıralar ken' tu'rde tarqaldı.

- L.Boltsman ideal gaz ushın tiykarğ'ı kinetikalıq ten'lemenı ha'm N-teoremanı keltirip shıg'ardı. Bul teorema termodinamikanın' ekinshi baslamasınıñ' statistikalıq interpretatsiyası menen birge qaytımlı emes protsessler teoriyasınıñ' tiykarında jatadı.

- L.Boltsman fizikalıq sistemanın' entropiyanı menen onıñ' halınıñ' itimallıg'ı arasındag'ı baylanıstı taptı ha'm ekinshi baslamasınıñ' statistikalıq xarakterde ekenligin da'lilledi.

- L.Diufor gazlerdin' quwıshlıqları bar o'tkel arqalı diffuziyasında temperaturasınıñ' o'zgeretug'inlig'ın ashtı. Bul termodiffuziyag'a kerı qubılıs bolıp tabılardı (Diufor effekti).

1873-jılı Dj.Maksvell jaqtılıqtın' basımının' shamasın toreiyalıq jollar menen anıqladı (jaqtılıqtın' basımının' bar ekenligi ideyasın 1619-jılı İ.Kepler ha'm 1748-jılı L.Eyler aytqan edi). Termodinamikalıq ko'z-qaraslarda turıp jaqtılıqtın' basımının' bar ekenligin 1876-jılı A.Bartoli, al 1884-jılı L.Boltsman boljadı.

- U.Kruks radiometrdi oylap taptı (Kruks radiometri).

- İshki fotoeffektin' - selennin' elektr o'tkizgishliginin' jaqtılıqtın' ta'sirinde o'zgeriwinin' ashılıwı (Mey). U.Smitom ta'repinen ta'piplengen.

- İ.Van der Vaals haqıyqıy (real) gazdin' hal ten'lemesin keltirip shıg'ardı (Van der Vaals ten'lemesi).

- B.Fedtsersen 1872-jılı K.Neyman ta'repinen boljang'an termodiffuziya qubılısın ashtı.

- Dj.Gibbs geometriyalıq termodinamikag'a jol ashıp berdi.

1873-78 jılları Dj.Gibbs ximiyalıq termodinamikanın' tiykarın do'retti. Sonın' ishinde termodinamikalıq ten' salmaqlıqtın' ulıwmalıq teoriyasın ha'm termodinamikalıq potentsiallar usılın islep shıqtı, fazalar kag'ıydasin keltirip shıg'ardı, betlik qubılıslardıń ulıwmalıq teoriyasın do'retti ha'm fizika iliminin' tariyxında u'lken a'hmiyetke iye basqa da jumislardı orınladı.

1874-jılı N.A.Umov ta'repinen energiyanın' qozg'alısı ha'm energiya ag'ısımın' tezligi ha'm bag'ıtı tu'siniklerinin' kirgiziliwi. Elektromagnit energiyası ushın bul tu'siniklerdi 1884-jılı Dj.Poynting qollandı. Usıg'an baylanıslı Umov-Poynting vektorı degen at qabil etildi.

- Dj.Stoney elektr zaryadının' diskretligi haqqındag'ı pikirdi endirdi ha'm sol zaryadtın' shamasın esapladı (1881-jılı baspadan shıqtı), 1891-jılı ol o'zi aytqan elektr zaryadı ushın birlik ha'm bul birlikti elektron dep atawdı usındı. Elementar zaryad haqqındag'ı ideyanı M.Faradey (1833-jılı), V.Veber (1845-jılı), G.Gelmgolts (1881-jılı) ha'm basqalar da aytqan edi

- Bazı bir sulfidler (ku'kirtli tsink, qorg'asın perekisi, karborund ha'm basqalar) kristallarının' bir ta'replik o'tkizgishligi tabıldı (K.Braun).

- D.İ.Mendelev Klayperonnnın' ten'lemesin ulıwmalastırıp ideal gaz halının' ten'lemesin keltirip shıg'ardı (Mendelev- Klaperyon ten'lemesi).

- G.Makleod kishi basımlardı o'lsheytugin manometrdi oylap taptı (Makleod manometri).

1875-jılı Dj.Kerr ta'repinen elektr maydanınan qoyılğan optikalıq bir tekli kristallardıń qos nur sındıratug'ınlg'ın (dvoynoe lusheprelomlenie) ashtı (Kerrdin' elektrooptisheskalıq effekti).

- G.Lippman elektrokapıllıqlıqtın' tiykarıg'ı ten'lemesin keltirip shıg'ardı.

- Dj.Everett birliklerdin' jan'a absoliut sistemasın usındı (tiykarıg'ı birlikler santimetr, gramm, sekunda (SGS sisteması).

1876-jılı Dj.Kerr ta'repinen magnitooptikalıq effektin' ashılıwı.

- G.Rouland ta'repinen konveksiyaalıq toqlardıń magnit maydanı tabıldı (Rouland ta'jiriybesi).

- P.N.YAbloshkov ta'repinen ku'ndelikli turmista qollanıw mu'mkin bolg'an elektr jaqtırtqısh islep shıqtı (YAbloshkov shamı).

- P.N.YAbloshkov transformator oylap taptı (1882-jılı transformatorı İ.F.Usagin ha'm L. Golarlar da soqqan).

- A.Belldin' telefondı oylap tabıwı.

1877-jılı suyıq kislorodtın' alınıwı (L.Kalete, R.Pikte).

1878-jılı ko'mir mikrofonnnın' oylap tabılıwı (D.IUz).

- E.Abbe birinshi ha'zirgi zaman optikalıq mikroskopın soqtı.

1878-1879 jılları U.Kruks ta'repinen katod nurları menen ta'jiriybelerdin' o'tkeriliwi.

1878-82 jıllar A.Maykelsonnnın' jaqtılıqtın' tezligin da'l anıqlaw boyınsha ta'jiriybelerinin' o'tkeriliwi. A.Maykelson 299910 ± 50 km/s ma'nisin aldı.

1879-jılı İ.Stefan ta'repinen absoliut qara denenin' nurlanıw energiyasının' absoliut temperaturanın' to'rtinshi da'rejesine tuwrı proporsional ekenliginin' tabılıwı. 1884-jılı tap usınday baylanıstı L.Boltsman teoriyalıq jaqtan keltirip shıg'ardı. usınnan Stefan-Boltsman nızamı degen at kelip shıqtı.

- U.Kruks o'zinin' radiometrinin' ja'rdeminde katod nurlarının' mexanikalıq ta'sirinin' bar ekenligin taptı.

- U.Kruks zatlardın' to'rtinshi agregat xalının' bar ekenligi haqqındag'ı ko'z-qarastı kirgizdi.

- E.Xoll ta'repinen magnit maydanındag'ı toq o'tip turg'an o'tkizgishte toq penen magnit maydanına perpendikulyar bag'ıtlang'an elektr maydanının' payda bolatug'ınlıg'ı tabıldı (Xoll effekti).

- R.Klauzius O.Mossotidin' ideyasın jetilistiriw jolı menen dielektriklerdin' polyarizatsiyası teoriyasın islep shıqtı ha'm dielektriklik sin'irgishlik penen dielektriktin' tıg'ızılıg'ı arasındag'ı baylanıstı taptı (Klauzius-Mossot ten'lemesi).

1880-jılı katod nurlarının' magnit maydanında burılatus'ınlıg'ı tabıldı (E.Goldshteyn).

- X.Lorents Daniyalı fizik L.Lorentsaten g'a'rezsiz zatlardın' sınıw ko'rsetkishinin' olardın' tıg'ızılıg'ı menen baylanışlı ekenligin taptı (Lorentsa-Lorentsa formulası). Bunday formulanı L.Lorents 1869-jılı alg'an edi.

- Magnit gisterezisi ashıldı (A.Rigi). Onı E.Varburg (1881-jılı) ha'm Dj.Eving (1882-jılı) baqladı.

- Pezoelektrlik effektin' ashılıwı (Per ha'm Jak Kiuri).

1881-jılı Dj.Dj.Tomson ta'repinen elektromagnit massa tu'siniginin' kirgiziliwi.

- Fizikalıq shamalardı o'lshewdin' xalıq aralıq o'lsheem birlikleri qabil etildi (amper, volt, om, djoul ha'm basqalar).

- S.Lengli ta'repinen bolometrdin' do'retiliwi (1857-jılı A.Svanberg ta'repinen oylap tabılğ'an).

1882-jılı G.Kirxgof difraktsiyanın' anıq teoriyasın do'retti.

- G.Rouland iymeytilgen difraktsiyalıq pa'njereni soqtı.

1883-jılı T.Edison ta'repinen termoelektronlıq emissiya qubılısının' ashılıwı.

1885-jılı İ.Balmer vodorodtın' spektrallıq sıziqlarında nızamlıqtı taptı (Balmer formulası).

- Skin-effektin' ashılıwı (T.Xiugs). Skin-effektin' teoriyasın bir birinen g'a'rezsiz 1886-jılı Dj.Reley ha'm O.Xevisaydlar islep shıqtı.

- V.Rentgen elektr maydanında qozg'alatug'ın dielektrik ta'repinen magnit maydanının' payda etiletug'ınlıg'ın taptı (Rentgen tog'ı).

1886-jılı Kanallıq nurlardın' ashılıwı (E.Goldshteyn).

1887-jılı G.Gerts elektromagnit terbelisler generatorın konstruksiyaladı (Gerts vibratırı) ha'm elektromagnit terbelislerin tabıwdın' usılın taptı (Gerts rezonatırı).

- Sırtqı fotoeffektin' (fotoelektrlik effektin') ashılıwı (G.Gerts). 1888-jılı sırtqı fotoeffektı V.Galvaks, A.Rigi ha'm A.G.Stoletovler baqladı.

- A.Rigi ha'm S.Lediuk termomagnitlik effektlerdin' birin ashtı (Rigi-Lediuk effekti).

- A.Maykelson ha'm E.Morli ta'repinen «efirlik samal» dı tabıw boyınsha (Jerdin' qozg'alısının' jaqtılıqtın' tezligine ta'siri) ta'jiriybeler isledi (Maykelson-Morli ta'jiriybesi). Jaqtılıqtın' Jerdin' orbitalıq qozg'alısı bag'ıtında yamasa Jerdin' orbitalıq qozg'alıs bag'ıtına qarama-qarsı bag'ıttag'ı tezliklerinin' 5 km/s da'llikte birdey ekenligin da'lilledi. 1881-jılı usınday ta'jiriybeni A.Maykelsonnın' o'zi o'tkerdi.

1888-jılı G.Gerts Dj.Maksvell ta'repinen boljap ayılğ'an elektromagnit tolqınlarının' bar ekenligin eksperimentte da'lilledi.

- Fotoelementtin' sog'ılıwı (A.G.Stoletov, A.Rigi).

- Aylanıwshı magnit maydanı qubılısı tabıldı (N.Tesla, G.Ferraris).

- U'sh fazalı toq generatorının' do'retiliwi (M.İ.Dolivo-Dobrovolskiy).

- Broun qozg'alısının' jıllılıq ta'biyatının' da'lilleniwi (L.Giui).

1889-jılı A.G.Stoletov ta'repinen sırtqı fotoeffekt nızamının' ashılıwı (Stoletov nızamı).

- R.Etvesh 10^{-9} shamasına shekemgi da'llikte inert ha'm gravitatsiyalıq massalardın' birdey ekenligin da'lilledi.

1890-jılı O.Viner turg'ın jaqtılıq tolqınlarının' bolatug'ınlıg'ın da'lilledi.

- G.Gerts ha'm O.Xevisayd Maksvell ten'lemelerine matematikalıq jaqtan simmetriyalı forma berdi (Maksvell-Gerts ten'lemeleri).

- İ.Ridberg universal turaqlını kirgizdi (Ridberg turaqlısı) ha'm ximiyalıq elementtin' qa'legen spektrallıq sıziğ'ın ta'ripleytugın juwıq formulanı keltirip shığ'ardı (Ridberg formulası).

- E.Branli kogererdi oylap taptı.

1891-jılı G.Gerts katod nurlarının' juqa plastinkalar arqalı o'te alatug'ınlıg'ın ko'rsetti ha'm zatlardıń qurılısın u'yreniw ushın tiykar saldı.

- V.Bėrknes o'zinin' «Tez elektr terbelislerinin' so'niwi haqqında¹³» jumısında elektr rezonansı qubılısın ta'ripledi ha'm rezonanslıq iymeklikti du'zdi.

- G.Lippman ta'repinen ren'li fotografiyanın' islep shıg'ılıwı, Quıyash spetrinin' birinshi ren'li fotosu'wretinin' alınıwı.

- Joqarı jiyilikli transformator do'retildi (N.Tesla).

1892-jılı X.Lorents ha'm Dj.Fittsdjerald Maykelson ha'm Morlilerdin' ta'jiriybelerinin' ku'tilgen na'tiyjelerdi bermegenligin tu'sindiriw ushın denelerdin' o'lsheplerinin' qozg'alıs bag'ıtında kishireyetug'ınlıg'ı haqqındag'ı gipotezanı usındı (Lorents- Fittsdjerald qısqarıwı).

- X.Lorents ta'repinen klassikalıq elektronlıq teoriyanın' do'retiliwi (bul ma'sele u'stinde 1880-jılı isley baslag'an). Teoriyanın' juwmaqlang'anlıg'ın «Elektronlar teoriiyası» kitabında (1909) ko'riwge boladı.

- A.Maykelson ha'm R.Benua etalon metrdin' uzınlıg'ın jaqtılıq tolqınının' uzınlıg'ı menen salıstırdı.

- Dj.Dıuar suıylılğ'an gazlerdi saqlaw ushın eki diywalg'a iye vakuumlıq ıdıstı oylap taptı (Dıuar ıdıstı).

1893-jılı V.Vin absoliut denenin' spektrindegı nurlanıw maksimumının' temperaturanın' joqarılawı menen qısqa tolqınlar ta'reike jılısatug'ınlıg'ın ko'rsetti (Vinnin' awısıw nızamı).

- A.Blondel elektromagnit ostsillyatordı oylap taptı (Blondel ostsillografi).

1894-jılı F.Pokkels kristallardag'ı sıızıqtı elektropikalıq effektti ashtı (elektr maydanına qoyılğ'an kristallardıń sınaw ko'rsetkishi elektr maydanının' kernewligine tuwrı proporsional) (Pokkels effekti).

- A.S.Popov elektromagnit terbelisleri generatorın, kogererdi ha'm antennanı oylap taptı.

U'SHINSHI ETAP (1895-1904) - FİZİKADAG'A REVOLIUTSIYALIQ O'ZGERİSLER DA'WİRİ

1895-jılı V.Rentgen ta'repinen onın' atı menen (rentgen nurları dep) ha'm X-nurları dep atalatug'ın nurlardıń tabılıwı.

- Eksperimentte katod nurlarının' teris zaryadlang'an bo'lekshelerdin' ag'ısı ekenligi tabıldı (J.Perren).

- X.Lorentstin' «Qozg'alıwshı denelerdegı elektrlik ha'm optikalıq qubılıslar teoriyasın do'retiya ta'jiriybesi» miynetinin' jariq ko'riwi.

- Dj.Larmor sırtqı magnit maydanındag'ı elektronlardın' pretsessiyası haqqındag'ı teoremanı keltirip shıg'ardı (Larmor teoreması).

- P.Kiuri ta'repinen paramagnetiklerdin' magnitlik qabıllagışlıg'ının' absoliut temperaturadan g'a'reziliginin' ashılıwı (Kiuri nızamı). 1907-jılı P.Veyss ta'repinen anıqlıq kirgizilgen (Kiuri-Veyss nızamı).

- P.Kiuri temirdin' bazı bir temperaturadan joqarı temperaturalarda ferromagnitlik qa'siyetinin' jog'alatug'ınlıg'ın ashtı, yag'nıy ha'zirgi waqıtları Kiuri noqatı dep atalatug'ın temperaturanın' ma'nisinen joqarı temperaturalarda spontan magnitlengenlik jog'aladı ha'm temir paramagnetike aylanadı.

- V.Vin ha'm O.Liummer absoliut qara denenin' modelin islep shıqtı (kishkene tesigi bar, ishindegi diywalı ayna tu'rinde).

- A.S.Popov radiomı oylap taptı. 1896-jılı 24-mart ku'ni ol 250 m qashıqlıqta turg'an qabıllag'ıshqa birinshi radiogrammanı jiberdi. 1892-jılı radiobaylanıstın' printsiplerin U.Kruks ta'ripledi, 1896-jılı Popovtın' a'sbaplarına uqsas baylanıs a'sbapların ha'm mag'lıwmatlardı radiotolqınlar arqalı alıp beriw printsipin G.Markoni islep shıqtı.

- 1896-jılı 1-mart ku'ni A.Bekkerel urannın' radioaktivligin ashtı.

¹³ «Joqarı jiyilikli elektr terbelislerinin'» degen mag'anada.

- P.Zeeman ta'repinen magnit maydanında spaktrallıq sızıqlardıń bir neshe sızıqqa aylanatug'ınlıg'ı ashıldı (Zeeman effekti).

- V.Vin qısqa tolqınlar ushın absoliut qara denenin' spektrindegı energiyanıń tarqalıwı ushın formulanı keltirip shıg'ardı (Vinnin' nurlanıw nızamı).

1897-jılı Dj.Dj.Tomson elektrondı ashtı.

- Dj.Dj.Tomson atomlardın' quramında elektronlardın' bar ekenligi haqqında gipoteza usındı.

- X.Lorents Zeeman effektinin' klassikalıq teoriyasın do'retti.

- K.Braun elektronlardın' qozg'alısın magnit maydanı basqaratug'ın katod trubkasın islep shıqtı (elektronlıq nurlıq trubka).

1898-jıl M.Sklodovskaya-Kiuri ha'm P.Kiuri ta'repinen jan'a radioaktiv elementler bolg'an poloniy menen radiydin' ashılıwı.

1898-1900 jılları metallardag'ı erkin elektronlar («elektronlıq gaz») kontseptsıyası usınıldı (K.Rikke, P.Drude, Dj.Dj.Tomson). Bul o'zinin' bunnan bılayg'ı rawajlanıwın 1904-jılı X.Lorentstin' jumıslarında taptı (Drude-Lorents teoriyası).

1898-jılı P.Zeeman ha'm M.Kopniu magnit maydanında atomlıq spektrlik sızıqlardıń u'sh qurawshıdan ko'birek sandag'ı qurawshılarg'a ajırılıwın taptı (Zeemannın' anomal effekti).

- A.İ.Sadovskiy ta'repinen jaqtılıq nurların' aylandırıwshı ta'siri teoriyalıq jollar ja'rdeminde ko'rsetildi (Sadovskiy effekti). 1935-jılı eksperimentte baqlandı.

1899-jılı A.Bekkerel, St.Meyer, E. SHveydler ha'm F. Gizeller radiydin' radioaktiv nurların' magnit maydanında burılatug'ınlıg'ın ko'rsetti.

- E.Rezerford urannın' nurlarında eki qurawshının' - alfa ha'm beta nurların' bar ekenligin anıqladı.

- P.N.Lebedev eksperimentte jaqtılıqtın' qattı denelerge tu'siretugın basımın o'lishedi (1907-jılı ol jaqtılıqtın' gazlerge tu'siretug'ın basımın o'lishedi). 1903-jılı jaqtılıqtın' basım tu'siretug'ınlıg'ın E. Nikols taptı ha'm o'lishedi.

- Fabri-Pero interferometrinin' do'retiliwi.

- Fototoqtın' elektronlıq ta'biyatı ashıldı ha'm fotoelektronlardın' energiyanın' tu'siwshi jaqtılıqtın' intensivliginen emes, al tolqın uzınlıg'ınan g'a'rezligi tabıldı (F.Lenard).

- Dj.Reley ta'repinen jaqtılıqtın' molekularlıq shashırawı tabıldı (Reley shashırawı).

1899-1900 jıllar jıllılıq nurlanıwındag'ı Vinnin' awısıw nızamın' uzın tolqınları ushın durıs emes ekenligin tabıldı (O.Liummer, E.Pringsgeym, G.Rubens, F.Kurlbaum).

1900-jıl M.Plank kvant gipotezasın usındı ha'm ta'sirdin' birligindey birlikke iye bolg'na fundamentallıq turaqlını (Plank turaqlısın) ilimge kirgizdi. Usının' menen ol kvant teoriyasın' baslanıwına jol saldı.

- 14-dekabr ku'ni M.Plank absoliut kara denenin' nurlanıw spektrindegı energiyanıń tarqalıwın ta'ripleytug'ın jan'a formulanı usındı (Plank nızamı).

- Eksperimentte Planktin' nurlanıw nızamın' durıslıg'ının' tastıyıqlanıwı (G.Rubens, F.Kurlbaum).

- Dj.Reley 1905-jılı Dj.Djins ta'repinen jetilistirilgen absoliut qatı denenin' spektrinde energiyanıń tarqalıwı nızamın keltirip shıg'ardı. Durıslıg'ı eksperimentlerde 1901-jılı uzın tolqınlar ushın tastıyıqlandı.

1900-1902 jılları G.Rubens ha'm E.Xagen metallardıń shashıratıwshı qa'biletliklerin o'lishedi ha'm Maksvelldin' elektromagnit teoriyasın' durıslıg'ın tastıyıqladı.

1900-jılı P.Villar gamma-nurların ashtı.

- Dj.Taunsend gazlerdegi o'tkizgishlik teoriyasın islep shıqtı ha'm zaryadlang'an bo'lekshelerdin' diffuziyasın' koeffitsientin esapladı.

1901-jılı J.Perren atomlardın' kurılısın' planetarlıq modeli gipotezasın usındı (Perren modeli).

- Radioaktiv nurlardıń fiziologiyalıq ta'siri ashıldı (A.Bekkerel, P.Kiuri).

1901-jılı O.Rishardson termoelektronlıq emissiyadag'ı toyınıw tog'mın' tıg'ızlıg'ının' katod betinin' temperaturasınan g'a'rezli ekenligin taptı (Rishardson nızamı).

1902-jılı kanallıq nurlardıń elektr ha'm magnit maydanlarında burılatug'ınlıg'ı tabıldı (V.Vin).

- Eksperimentlerde elektronlarning massasining tezlikten g'a rezligi ko'rsatildi dep dag'azalandi ha'm usuning saldariman «massaning tezlikten g'a rezligi» haqqindagi naduris pikir qaliplesti¹⁴ (V. Kaufman).

- F.Lenard fotoeffekt ten'lemesini keltirib shig'ardi ha'm ol bul ten'lemede fotoelektronlarning energiyasining jaqtılıqtin' jiyiliginen g'a rezligini berdi.

1902-03 jillari E.Rezerford ha'm F.Soddi radioaktiv ıdıraw teoriyasini do'retti ha'm radioaktivlik aylanislar nizamini keltirib shig'ardi.

- Elektromagnit impuls tushiniginin' kirgiziliwi ha'm elektronning elektromagnit massasi ushın formulaning alinıwı (M.Abragam).

1902-jılı Dj.Gibbsning «Statistikaliq mexanikaning elementar printsipleri» kitabi jariq ko'rdi. Usuning menen klassikalıq statistikaliq mexanika du'zilip boldi.

1903-jılı Dj.Dj.Tomson o'zining atı menen atalatug'ın atomning modelini islep shıqtı (Tomson modeli).

- Radiy duzlarining jıllılıqtı u'zliksiz bo'lip shig'aratug'inlig'ı anıqlandı ha'm 1 sekund waqıt ishinde bo'linip shıqqan eıllılıq energiyası o'lishendi (P.Kiuri, A.Labord).

- P.Kiuri radioaktiv elementlarning yarım ıdıraw dawirini Jerdegi porodalarning jasini anıqlaw maqsetinde waqıt etalonı sıpatında paydalanıwdı usındı.

- U.Ramzay ha'm F.Soddi o'tkergen eksperimentlerinde radonnan geliyding payda bolatug'inlig'in da'lilledi.

- E.Rezerford alfa nurlarining on' zaryadlang'an bo'lekshelerden turatug'inlig'in da'lilledi. Alfa nurlarining korpuskulalıq qasbiyetke iye ekenligini 1900-jılı M.Sklodovskaya-Kiuri ko'rsatken edi.

- Stsintillyatsiya effektining ashılıwı ha'm oning zaryadlang'an bo'lekshelerdi registratsiyalaw ushın qollanıwı (U.Kruks, G.Geytel, I.U.Elster).

- A.A.Eyxenvald polyarizatsiyalang'an magnitlik emes dielektrikning qozg'alıstın saldariman magnitlenetug'inlig'in ko'rsetiwi (Eyxenvald ta'jiriyesi).

1904-jılı X.Lorents ken'isliklik koordinatalar menen waqıttı relyativistik turlendiriw formulalarini taptı (Lorents turlendiriwleri). Ten' o'lishewli ha'm tuwrı sızıq boyınsha qozg'alıwshı esaplaw sistemalarında isengen bul turlendiriwler elektromagnit qubılısların o'zgerissiz qaldırdı. 1900-jılı bul turlendiriwlerdi Dj.Larmor, al 1887-jılı usı turlendiriwlerge jaqın turlendiriwlerdi V.Foygt paydalang'an edi.

- X.Lorents elektron ushın massaning tezlikten g'a rezligini an'latatug'ın formulani keltirib shig'ardi. Fizika tariyxında bul formulaning durıslıg'ı 1908-jılı A.Buxerer ha'm basqalar o'tkergen ta'jiriyelerde tasdiqlandı dep esaplanıp keldi. Biraq massaning tezlikten g'a rezligini kontseptsiyasını A.Eynshteyn ta'repinen 1915-jılı tolıq do'retilip boling'an ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası tolıq biykarlaydı.

- Dj.Dj.Tomson atomlardıg'ı elektronlar toparlarga bo'linedi, bul toparlar ha'r qıylı konfiguratsiyalardı payda etip, elementlarning dawirligin ta'miniyleydi degen ko'z-qarastı usındı. Atomning ishki qurılısı haqqindagi birinshi ideyalardı ol 1898-jılı aytqan edi.

- Rentgen nurlarining polyarizatsiyasını ju'zege keltiriw¹⁵ (SH. Barkla).

1904-jılı eki elektrodli elektron shırası (kenetron) islenip shig'ıldı (Dj.Fleming).

HA'ZIRGI ZAMAN FİZİKASI DA'WIRI (1905-jıldan baslap)

BİRINSHI ETAP (1905-1931)

¹⁴ Haqiqatında v tezlikten denening energiyası E ha'm impulsı p g'a rezli ha'm olar mına formulalar menen anıqlanadı: $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$, $p = \frac{mv}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$.

¹⁵ Rentgen nurların polyarizatsiyalaw degen ma'niste.

1905-jılı A.Eynshteyn o'zinin' «Qozg'alıwshı deneler elektrodinamikasına»¹⁶ atlı maqalasında (maqala jurnal redaksiyasına 1905-jıldın' 30-iiun ku'ni kelip tu'sken), waqıyalardıń bir waqıtlıg'ın teren' tallaw arqalı salıstırmalıq printsipin keltirip shıg'ardı ha'm jaqtılıqtın' vakuumdag'ı tezliginin' turaqlılıg'ın postulat sıpatında qabıl etti. Usı tiykarda ol Maksvell ten'lemelerinin' Lorents tu'rındırıwlerine karata invariantlıg'ın (o'zgerissiz qalatug'ınlıg'ın) da'lilledi ha'm usıllar tiykarında arnawlı salıstırmalıq teoriyasın do'retti (Eynshteyn boyınsha dara jag'day ushın salıstırmalıq teoriyası). Maksvell ten'lemelerinin' Lorents tu'rındırıwlerine qarata o'zgerissiz qalatug'ınlıg'ın ullı frantsuz fizigi A.Puankare Parij ilimler akademiyasının' 5-iiun ku'ni o'tkerilgen ma'jilisinde bayanlag'an edi ha'm ol bul jerde salıstırmalıq printsipinin' universallıg'ın ha'm jaqtılıqtın' tarqalıw tezliginin' en' u'lken (sheklik) tezlik ekenligin atap o'tti). Kvant teoriyası menen birlikte arnawlı salıstırmalıq teoriyası XX a'sir fizikasının' tiykarın quradı.

- A.Eynshteyn massa menen energiyanın' o'z-ara baylanısı nızamın ($E = mc^2$) ashtı (1906-jılı bunday nızamdı P.Lanjeven de ashtı)¹⁷.

- A.Eynshteyn jaqtılıq nurlarının' kvantlıq xarakterge iye ekenligi haqqında gipoteza usındı (jaqtılıqtın' fotonlıq teoriyası). Eynshteyn ta'repinen boljap ayılğ'an jaqtılıq kvantı (foton) 1922-jılı A.Kompton ta'repinen ashıldı. «Foton» terminin 1929-jılı G.Liuis ta'repinen kirgizildi.

- A.Eynshteyn ta'repinen jaqtılıqtın' kvantların' bar ekenligi tiykarında fotoeffekt nızamları tu'sindirildi¹⁸.

- E.SHveydler ximiyalıq elementlerdin' aylanısları nızamının' statistikalıq xarakterde ekenligin taptı, bul 1908-jılı E.Regener ta'repinen eksperimentlerde da'lillendi.

- Kanallıq nurlardag'ı Doppler effekti ashıldı (İ.SHTark).

- P.Lanjeven ta'repinen dia- ha'm paramagnetizmnin' klassikalıq teoriyası do'retildi.

1905-06 jıllar A.Eynshteyn ha'm M.Smoluxovskiy fluktuatsiyalar teoriyasın jetilistirip molekualıq-kinetikalıq teoriya tiykarında broun qozg'alıslarının' ma'nisin izbe-iz tu'sindirdi.

1906-jılı M.Plank relyativistlik dinamikanın' ten'lemelerin keltirip shıg'ardı ha'm elektronın' energiyası menen impulsı ushın an'latpalar (formulalar) aldı.

1906-jılı A.Puankare birinshi lorents-kovariant tartılıs teoriyasın do'retti.

- T.Layman vodorod spektrinin' ultrafiolet bo'liminde spektrallıq serianın' bar ekenligin taptı (Layman seriyası).

- SH.Barkla xarakteristikalıq rentgen nurların ashtı.

- V.Nernst ximiyalıq bir tekli bolg'an qattı yamasa suyuq denenin' entropiyasın absoliut nol temperaturada nolge ten' boladı degen boljawdı keltirip shıg'ardı (Nernst teoreması). Amerikalıq U.Djiok¹⁹ ta'repinen eksperimentte da'lillendi. Bunnan keyin bul jag'day termodinamikanın' u'shinshi baslaması dep atala basladı.

- V.Nernst ta'repinen «gazdin' virojdeniesi» effektinin' usınılıwı.

- Triod (u'sh elektrodli elektron shıra) oylap tabıldı (L.di Forest).

1907-jılı A.Eynshteyn gravitatsiya menen inertsianın' ekvivalentligin postulat tu'rinde usındı (Eynshteynnin' ekvivalentlik printsipi) ha'm relyativistlik gravitatsiya teoriyasın do'retiw u'stinde isley basladı.

- Qorg'asın izotopların' radioaktiv qatarlardag'ı en' aqırg'ı produkt ekenligi tabıldı (B.Boltvud).

- A.Eynshteyn ta'repinen qattı denelerdin' jıllılıq sıyımlıgının' kvant teoriyası islep shıg'ıldı. Ol kristallar arqalı monoxromat ses (serpimli) tolqınlardıń tarkalatug'ınlıg'ı haqqındag'ı ko'z-qarastı usındı.

¹⁶ Zur Elektrodynamik der bewegter Körper. Ann. Phys., 1905, 17, 891—921. B.Abdikamalov ta'repinen qaraqalpaq tiline awdarılğ'an ha'm ol www.abdikamalov.narod.ru web betinde jaylastırılğ'an.

¹⁷ Ha'zirgi zaman fizikası boyınsha ha'r qanday massag'a belgili bir energiya sa'ykes keledi, al massa energiyanın' barlıq tu'rlerine sa'ykes kele bermeydi (misalı fotonnıń energiyası bar, al massası joq, A'lemnin' shama menen 75 protsenti qaran'g'ı energiya menen tolı, al qaran'g'ı energiyag'a sa'ykes keliwshi massa joq).

¹⁸ Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. Ann. Phys., 1905, 17, 132-148.

¹⁹ Djiok Uilyam Frensis ximiya boyınsha Nobel sıylıg'ın 1949-jılı alg'an.

- M.Plank termodinamika menen arnawlı salıstırmalıq teoriyasın ulıwmalastırıp, relyativistlik termodinamikanın' tiykarın qaladı.

- P.Veyss paramagnetiklerdin' magnit qabıllag'ıshlıgının' temperaturadan g'a'rezligin taptı. Tap usınday g'a'rezliklin' orın alatug'ınlg'ın P.Kiuri 1895-jılı tapqan edi (Kiuri-Veyss nızamı).

- O'zi-o'zinen magnitleniwde ferromagnitlik ushastkaların' bar ekenligi haqqında gipotezanın' usınılıwı ha'm ferromagnetizmnin' birinshi statistikalıq teoriyası do'retildi (P.Veyss). Tap usınday ideyanı 1892-jılı B.L.Rozing aytqan edi.

- E.Kotton ha'm A.Muton ta'repinen magnit maydanında jaylastırıl'g'an zatlardıg'ı jaqtılıq magnit maydanına perpendikulyar bag'ıtta tarqalg'anda qos nur sındırıwdın' tabılıwı (Kotton-Muton effekti).

1908-jılı G.Minkovskiy, onnan keyin A.Puankare ken'isliklin' u'sh o'lishemin waqt penen qosıp to'rt o'lishemli psevdoevklidlik ken'islikke biriktiriw ideyasın usındı (Minkovskiy ken'isligi) ha'm arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' to'rt o'lishemli apparatın jetilistirdi.

- V.Ritts 1890-jılı İ.Ridberg ta'repinen usınılg'ın elementlerdin' spektrlik jiyilikleri ushın du'zilgen juwıq formulanı jetilistirdi ha'm usının' na'tiyjesinde atomlıq spektrlerdi sistemalaw printsipinin' tiykarıg'ı printsiplerinin' biri bolg'ın kombinatsiyalıq printsipti ornattı (Ridberg-Ritts printsipi).

- F.Pashen infraqızıl oblastta vodorodtın' spektrallıq seriyasının' bar ekenligin taptı (Pashen seriyası).

- G.Geyger ha'm E.Rezerford ayırım zaryadlang'ın bo'leksheni registratsiya qıla alatug'ın a'sbaptı do'retti. 1928-jılı Geyger V.Miuller menen birlikte bul a'sbaptı jetilistirdi (Geyger-Miuller sshetshigi).

- G.Kamerling-Onnes ta'repinen suyıq geliy alındı ha'm onnı' temperaturası o'lishendi.

- J.Perren Broun qozg'alısaların eksperimentte izertledi, usının' saldarınan molekularların' bar ekenligin, zatların' qurılısının' atomlıq-molekulalıq teoriyasın ha'm jıllılıqtın' kinetikalıq teoriyasın tolıq tastıyıqladı.

- E.Griuneyzenmetaldın' jıllılıq ken'iyiwı koefitsnetinin' onnı' salıstırmalı jıllılıq sıyımlıg'ına qatnasının' temperaturadan g'a'rezli emes ekenligin taptı (Griuneyzen nızamı).

1909-jılı alfa bo'lekshelerinin' eki ret ionlang'ın geliy atomları ekenligi eksperimentte da'lillendi (E.Rezerford, Dj.Royds).

1909-1910 jılları G.Geyger ha'm E.Marsden juqa metall plenkalardı arqalı alfa bo'lekshelerinin' o'tiwın izertledi. Bul izertlewler E.Rezerford ta'repinen atom yadrosının' bar ekenligin anıqlawdı ha'm atomnı' planetalıq qurılısın ashıwda sheshiwshi orındı iyeledi.

1909-jılı A.Eynshteyn ten' salmaqlı nurlanıw energiyasının' fluktuatsiyaların izertledi ha'm energiyanın' fluktuatsiyası ushın formula aldı.

- Qattı denelerdin' serpinli ha'm optikalıq qa'siyetleri arasındag'ı baylanıstın' bar ekenligi anıqlandı (E.Madelung).

- G.Kamerling-Onnes 1,04 K temperaturanı aldı.

1910-jılı A.Gaaz nurlanıwdın' kvantlıq xarakterin atomnı' qurılısı menen baylanıstırıwıg'a mu'mkinshilik beretug'ın atomnı' modelin usındı.

1910-14 jıllar elektr zaryadının' diskretligi eksperimentte da'lillendi ha'm bul zaryadtın' mug'darjetkilikli da'rejede da'l o'lishendi (R.Milliken).

1911-jılı E.Rezerford a'lfı bo'lekshelerinin' shashıraw teoriyasın do'retti ha'm Kulon nızamı tiykarında ta'sirlesetug'ın relyativistlik emes bo'leksheler ushın effektiv kese kesimdi anıqlawıg'a mu'mkinshilik beretug'ın formulanı keltirip shıg'ardı (Rezerford formulası).

- E.Rezerford atom yadrosın ashtı ha'm atomlın' planetalıq modelin do'retti (Rezerford modeli). 1912-jılı ol «yadro» terminin kirgizdi.

1911-jılı G.Geyger ha'm Dj.Nettol radioaktivli yadrolardı ıdıraw energiyası menen jasaw waqtı arasındag'ı baylanıstı taptı (Geyger-Nettol nızamı).

- Zaryadlang'ın bo'lekshelerdin' izlerin baqlaw ushın fotoemulsiyalar birinshi ret qollanıldı (M.Raynganum).

- P.Veyss ta'repinen magnit momentinin' kvantı - magneton usındı. P.Veysssten g'a'rezsiz magnetonnnın' bar ekenligin P.Lanjeven boljadı ha'm onın' shamasın esapladı.

- E.Griuneyzen kristallıq pa'njeredegi atomlardın' terbelis jiyiligi menen kristaldın' serpimli konstantaların baylanıstırıwshı formulanı keltirip shıg'ardı (Griuneyzen formulası).

- G.Kamerling-Onnes ta'repinen asa o'tkizgishlik qubılısının' ashılıwı.

- YAuman ilimge entropiya ag'ısı tu'sinigin kirgizdi.

1912-jılı rentgen nurlarının' kristallar arqalı o'tkende difraktsiya (interferentsiya) qubılısının' ashılıwı. Bul ashılıw rentgen nurlarının' elektromagnit ta'biyatqa iye ekenligin tolıq tastıyıqladı (M.Laue, V.Fridrix, P.Knipping).

- L.Bregg kristalg'a tu'siwshi monoxromatik rentgen nurlarının' difraktsiyag'a ushıraw sha'rtin taptı ha'm rentgen nurının' uzınlıg'ı menen kristallıq pa'njerenin' da'wirin baylanıstıratug'ın formulanı ($2d \sin \theta = n\lambda$) keltirip shıg'ardı. Tap usınday jumıstı 1913-jılı belgili kristallograf ha'm kristallofizik IU.V.Vulf ta pitkerdi (Vulf-Bregg formulası).

1912-1913 jıllar. O.Sakur ha'm G.Tetrode ideal gazdın' entropiyası ushın formulanı keltirip shıg'ardı (Sakura-Tetrode formulası)

1912-jılı P.Evald dielektriklik kristallardın' teoriyasın jetilistirdi.

- V.Gess kosmoslıq nurlardın' bar ekenligin ashtı..

- SH.Vilson zaryadlang'an bo'lekshelerdin' izlerin baqlaw ushın a'sbaptı oylap taptı (Vilson kamerası).

1912-1914 jıllar Dj.Frank ha'm G.Gerts elektronlardın' gaz atomları menen soqlıdıg'ısıwların u'yreniw ushın eksperimentler o'tkerdi (Frank-Gerts ta'jiriybeleri) ha'm bul soqlıg'ısıwlar nızamlıg'ın ashtı. Usının' na'tiyjesinde atomlardag'ı energiyanın' diskret qa'ddilerinin' (statsionar hallardın') bar ekenligi ha'm olardın' spektr sızıqlarının' termleri menen baylanısınan' bar ekenligi tastıyıqlandı. Usı eksperimentler Planktın' energiya kvantları haqqındag'ı gipotezasın ha'm Bor ta'repinen islep shıg'ılğan atomnıń kvant teoriyası tastıyıqlandı.

1912-jılı F.Pashen ha'm E.Bak ku'shli magnit maydanında spektr sızıqlarının' sızıqlarg'a bo'liniwı krtinasının' a'piwayılasıw effektin ashtı (Pashen-Bak effekti).

- İzotoplardın' ashılıwı (Dj.Dj.Tomson).

- P.Debay qattı denelerdi atomlarınan' jiyiliklerdin' shekli diapazonında terbele alatug'ın serpimli ortalıq dep qarawshı ko'z-qarastı rawajlandırdı (qattı denelerdin' Debay modeli) ha'm durıs formag'a iye kristallar ushın atomlardın' menshikli terbelisler jiyiliklerinin' spektrin esapladı (kristallar atomlarınan' normal terbelislerinin' kvantlanıwı).

- P.Debay ta'repine xarakteristikalıq temperatura tu'siniginin' endiriliwi (Debay temperaturası). Bul temperatura ha'r bir zat ushın kvant effektlari tiykarg'ı orın iyeleytug'ın oblastı anıqlaydı.

- P.Debay ta'repine to'mengi temperaturalarda qattı denelerdin' jıllılıq sıyımlıg'ının' absoliut temperaturanın' u'shinshi da'rejesine proporsional ekenliginin' ko'rsetiliwi (Debaydın' jıllılıq sıyımlıg'ı nızamı).

- M.Born ha'm T.Karman jiyiliklerdin' pu'tin spektri menen xarakterlenetug'ın kristallıq pn'jerenin' terbelisler teoriyasın islep shıqtı.

- A.İ.Bashinskiy suyıqlıqlardın' jabısqaqlıq nızamın taptı (Bashinskiy nızamı).

1913-jılı N.Bor energiyanın' kvantlanıw ideyasın Rezerfordtın' planetalıq atomı teoriyasına qollanıp eki kvant postulatın keltirip shıg'ardı. Bul postulatlar elektronlardın' atomlardag'ı qozg'alsının' o'zgesheliklerin sa'wlelendiredi. Usı tiykarda N.Bor vodorod atomının' birinshi kvant teoriyasın do'retti (Bordın' atom teoriyası).

- N.Bor bas kvant sanı tu'sinigin ilimge kirgizdi.

- Fizikag'a «massa defekti» tu'sinigi endirildi (P.Lanjeven).

- Atom yadrosının' zaryadının' da'wirli kestedegi usı elementtin' qatar sanına ten' ekenligi tabıldı (A.Van den Bruk).

- E.Rezerford protonnıń bar ekenligin boljadı (protondı ol 1919-jılı ashtı).

- A. Van den Bruk atom yadroları elektronlar menen protonlardan turadı degen (nadurıs) gipotezanı usındı (proton-elektronlıq gipoteza).

- Elementlerdin' izotopları ko'z-qarasları qa'liplesti ha'm «izotoplar» termini kirgizildi (F.Soddi). İzotoplar en' birinshi bolıp Dj. Dj. Tomson ta'repinen ashıldı. Ol 1912-jılı massası 20 ha'm 22 ge ten' bolg'an neon atomlarının' bar ekenligin taptı. Bir elementtin' atomlarının' birdey emes ekenligi haqqındag'ı ideyanı 1886-jılı U.Kruks aytqan edi.

- F.Soddi ha'm K.Fayans bir birinen g'a'rezsiz radioaktiv ıdırawdag'ı awısıw qag'ıydasin ornattı (Soddi-Fayans nızamı). Usınday jumıstı A.Rassell de orınladı.

- İ.SHtark elektr maydanında spektrallıq sızıqlardıń bir neshe sızıqlarg'a ajıralatug'ınlıg'ın taptı (SHtark effekti). 1899-jılı elektr maydanının' atomlarg'a ta'sir etetug'ınlıg'ın birinshi ret V.Foygt ayttı.

1913-14 jılları G.Mozli elementlerdin' xarakteristikalıq rentgen nurlarının' jiyilikleri menen sol elementtin' da'wirli sistemadag'ı qatar sanı arasındag'ı baylanıstı ornattı (Mozli nızamı) ha'm elementtin' yadrosının' zaryadı menen sol elementtin' atomlıq nomerinin' birdey ekenligin da'lilledi.

1913-jılı G.Bregg rentgen spektrometrin islep shıqtı.

- Rentgenostrukturalıq analiz benen rentgen spektroskopiyasının' baslaması salındı (ag'a-ini G.Bregg ha'm L.Bregg, IU.V.Vulf).

- Rentgen nurlarının' difraktsiyası teoriyası islep shıg'ıldı (SH.Darvin).

- Nıshana atomlar usılı islenip shıg'ıldı (D.Xeveshi, F.Panet).

- G.Kamerling-Onnes ta'repinen ku'shli magnit maydanı ha'm ku'shli toqlardıń ta'sirinde asa o'tkizgishliktin' jog'alatug'ınlıg'ın ashıldı.

- İ. Lengmiur ta'repinen termoelektronlıq emissiya tog'ının' tıg'ızlıg'ı ushın nızam ashıldı (Lengmiurdın' u'shten eki nızamı).

- V.K.Arkadev radiotolqınlardıń ferromagnetikler ta'repinen saylap jutılatusınlıg'ı tabıldı (ferromagnitlik rezonans).

- V.Gede molekuralıq vakuum nasos oylap taptı.

- A.Eynshteyn ha'm M. Grossman riman geometriyası apparatın paydalanıp gravitatsiyalıq maydandı ken'islik-waqıttın' qıysıqlıg'ı menen baylanıstırıwshı gravitatsiyanın' relyativistlik teoriyasın du'ziwge karay bag'darlang'an a'hmiyetli qa'dem qoydı.

- SH.Byalobjeskiy juldızlardag'ı energiyanın' nurlar menen alıp ju'riletug'ınlıg'ı haqqındag'ı pikirge keldi.

1914-jılı E.Rezerford ha'm E.Andrade eksperimentte gamma nurlarının' kristallardag'ı difraktsiyanı baqladı ha'm usının' tiykarında gamma nurlarının' elektromagnitlik ta'biyatın da'lilledi.

- İzotoplardıń rentgen spektrinin' birdey ekenligi da'lillendi. Usının' na'tiyjesinde berilgen elementtin' izotoplarının' qatar sanının' birdey ekenligi tolıq da'lillendi (E.Rezerford, E.Andrade).

- R.Milliken fotoeffekt ushın Eynshteyn ten'lemesin tekserip ko'rđi ha'm Plank turaqlısının' ma'nisin anıqladı.

- V.SHotki sırtqı elektr maydanının' ta'sirinde elektronlardın' metaldan shıg'ıw jumısının' kishireyetug'ınlıg'ı effektinin' teoriyasın islep shıqtı (effekt SHotki).

1915-jılı U.Xarkins ha'm E.Velsonlar yadrolardag'ı jaylastırıw effekti (effekt upakovki) tu'sinigin kirgizdi.

1915-16 jılları A.Zommerfeld Bordın' atom teoriyasın ko'p qaytara (mnogokratno) da'wirli sistemag'a qollandı (Bor-Zommerfeld teoriyası), radial ha'm azimutal kvant sanların kirgizdi.

- A.Zommerfeld vodorod spektrinin' juqa qurılısının' (tonkaya struktura) teoriyasın qurdı ha'm juqa struktura turaqlısı tu'sinigin fizika ilimine kirgizdi.

1915-jılı S.Barnet ta'repinen magnit maydanı joq orında aylanıp turg'an denede magnitleniwdin' orın alatug'ınlıg'ın taptı (Barnet effekti).

- A.Eynshteyn ha'm V.de Gaaz ta'repinen magnitleniwdin' barısında denenin' aylanıwının' payda bolatug'ınlıg'ı tabıldı (Eynshteyn-de Gaaz effekti).

- D. Gilbert ha'm A.Eynshteyn bir birinen g'a'rezsiz gravitatsiyalıq maydannın' ulıwmalıq kovariant ten'lemelerin aldı. Usının' menen Eynshteynnin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası (Eynshteynnin' gravitatsiya teoriyası) tolıq do'retilip bolındı.

- V.Gede diffuziyalıq vakuum nasos oylap taptı.

1916-jılı P.Debay ha'm A.Zommerfeld Zeeman effektinin' kvant teoriyasın do'retti.

- Ken'isliktegi kvantlanıw ko'z-qarası ha'm u'shinshi kvant sanı kiritildi (P.Debay, A.Zommerfeld).

- P.S.Epshteyn ha'm K.SHvartsschild ko'p qaytara (mnogokratno) da'wirli sistemalardıń ulıwmalıq kvant teoriyasın do'retti.

- İnduksiyalıq nurlanıw qubılısı teoriyalıq jollar menen boljandı, spontan ha'm ma'jbu'riy nurlanıwların' itimallıqları esaplandı (A.Eynshteyn).

- P.Debay ha'm P.SHerrer polikristallıq materiallardın' atomlıq-kristallıq qurılısın rentgen nurlarınan' difraktsiyasınıń ja'rdeminde izertlew usılın usındı [Debay-SHerrer usılı yamasa «poroshok usılı (metod poroshka)»].

- R.Tolmen ha'm T.Stiuart metallardag'ı elektronlardın' inertsiyag'a iye ekenligin taptı (Tolmen-Stiuart effekti). Usı qubılıstın' birinshi durıs interpretatsiyası 1936-jılı SH.Darvin ta'repinen berildi.

- A.Eynshteynnin' «Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasınan' tiykarları» miyneti jariq ko'rdi²⁰. Bul miynette ol relyativistlik gravitatsiya teoriyasın do'retiw jumısların juwmaqladı ha'm usı teoriyanın' fizikalıq tiykarların sistemalı tu'rde bayanladı ha'm onın' matematikalıq apparatın tolıq berdi. O'z teoriyasınan' durıslıg'm tekserip ko'riw ushın Eynshteyn u'sh mu'mkin bolg'an effektin' bar ekenligin ko'rsetti: Merkuriydin' perigeliyinin' awısıwı, Quyashtın' tartılıs maydanındag'ı jaqtılıq nurlarınan' bag'ıtın o'zgeritiw ha'm relyativistlik qızılga awısıw.

- A.Eynshteyn ta'repinen gravitatsiyalıq tolqınlardıń bar ekenliginin' boljanıwı. 1918-jılı ol gravitatsiyalıq nurlanıwdın' quwatı ushın formula keltirip shıg'ardı.

- K.SHvartsschild Eynshteynnin' tartılıs ten'lemelerinin' birinshi da'l sheshimin aldı (SHvartsschild sheshimi) ha'm gravitatsiyalıq radius tu'sinigi kirgizildi. Bul sheshim sferalıq massanın' gravitatsiyalıq maydanın ta'ripleydi.

- A.F.İoffe ha'm M.V.Kirpicheva kristallardag'ı ionlıq o'tkizgishlikti (ionlıq kristaldın' pa'njeresi arqalı elektr maydanının' ta'sirinde ionlardın' o'tiwi) eksperimentte da'lilledi.

- İ.Lengmiur kondesatsiyalıq puw ag'ısı bar nasostı islep shıqtı (Lengmiurdın' kondensatsiyalıq nasosı).

- P.Lanjeven pezoekvartstın' ja'rdeminde ultrasesti alıwdın' usılın islep shıqtı.

1917-jılı F.Soddi ta'repinen yadrolıq izomeriya tu'sinigi kirgizildi.

- A.Eynshteyn o'zinin' gravitatsiyalıq maydannın' ulıwmalıq kovariant ten'lemelerin ulıwma A'lem ushın qollanıp, relyativistlik kosmologiyanın' baslamasın saldı²¹. «Waqıttın' o'tiwi menen o'zgermeytug'm A'lem» ko'z-qarasında turıp o'z ten'lemelerin ulıwmalastırıwg'a tırıstı ha'm usının' na'tiyjesinde olarg'a «kosmologiyalıq turaqlı» dep atalatug'm turaqlı λ shamasın jasalma tu'rde kirgizdi. Bul ha'reketin ol keyinirek «o'mirindegi en' u'lken qa'teligi» dep dag'azaladı.

1918-jılı N.Bor sa'ykeslik printsipin keltirip shıg'ardı (bul printsip u'stinde ol 1914-1915 jılları isley baslag'an edi).

- A. Dempster birinshi mass-spektrometrdi soqtı. Bul mass-spektrometrdin' jumıs islew printsipi 1907-jılı Dj.Dj.Tomson ta'repinen ayılğ'an.

1918-jılı izobaralar ashıldı (Stiuart).

- E.Neter²² simmetriya menen fizikalıq saqlanıw nızamları arasındag'ı baylanıstı taptı (Neter teoreması).

- Du'nyanın' geometriyalastırılğ'an kartinası tiykarında (maydannın' birden bir teoriyası) gravitatsiyalıq ha'm elektromagnitlik maydanlardı ja'ne zatlardı bir teoriyag'a biriktiriw ideyası payda boldı (G.Veyl). Bul ideya bunnan bılay E.Kartav, A.Eddington, A.Eynshteyn ha'm basqalar ta'repinen jetilistirildi.

²⁰ Bul maqala B.Abdikamalov ta'repinen qaraqalpaq tiline awdarılğ'an ha'm ol www.abdikamalov.narod.ru web betinde jaylastırılğ'an.

²¹ *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsber: preuss. Akad. Wiss., 1917, 1, 142—152. Bul maqala B.Abdikamalov ta'repinen qaraqalpaq tiline awdarılğ'an ha'm ol www.abdikamalov.narod.ru web betinde jaylastırılğ'an.

²² Hayal adam.

1919-jılı E.Rezerford birinshi jasalma yadrolıq reaksiyanı ju'zege keltirdi ha'm azotı kislorodqa aylandırdı.

- E.Rezerford ta'repinen proton ashıldı.
- F.Aston joqarı ayıra alıw uqıplığına iye mass-spektrograftı soqtı.
- Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası tiykarında boljanatug'ın jaqtılıq tolqınların' Quyashtın' gravitatsiya maydanındag'ı bag'ıtın o'zgertiwin eksperimentte birinshi ret tekseriw (A. Eddington).
- G.Barkgauzen sırttan tu'sirilgen magnit maydanı u'zliksiz tu'rde o'zgergende ferromagnetiklerdin' magnitlengenliginin' sekirmeli tu'rde o'zgeriw qubılısın ashtı (Barkgauzen effekti).

1920-jılı molekullalardın' tezligin tikkeley o'lshew a'melge asırıldı (O.SHtern).

1921-jılı L.Meytner²³ alfa bo'lekshelerinen, protonlardan ha'm elektronlardan turatug'ın atom yadrolarının' modelin usındı²⁴.

- A.Lande atomlardın' magnit momentlerin ta'riplew maqsetinde g-faktor dep atalatug'ın faktordı kirgizdi (Lande ko'beytiwshisi).

- O.Gan atom yadrolarının' izomeriya qubılısın ashtı (protaktiniy-234 misalında). F.Soddi ta'repinen 1917-jılı ha'm St.Meyer ta'repinen 1918-jılı boljap aytlg'an edi.

- R.Ladenburg dispersiya qubılısının' kvant teoriyasın kurdı. Bul teoriya tiykarında teris dispersiya qubılısı tu'sindirildi. Eksperimentte bul qubılıstı 1928-jılı ashtı.

- K.Ramzauer kishi tezlik penen qozg'alıwshı elektronlardın' argondag'ı shashırawın izertlew barısında elektronlardın' neytral atomlar menen ta'sirlesiwinin' a'dettegidey emes ekenligin baqladı (Ramzauer effekti).

- T.Kalutsa birden bir teoriyada bes o'lsheimli ken'islikti qollanıwdı usındı, bul ken'islik ushın bes o'lsheimli metrika berdi (Kalutsa teoriyası). Teoriya keyinirek O.Kleyn ta'repinen jetilistirildi (Kleyn-Kalutsa teoriyası).

1921-22 jılları N.Bor ta'repinen ximiyalıq elementlerdin' da'wirlik sistemasının' o'zgeshelikleri tu'sindirildi (Bor boyınsha da'wirlik sistemanın' variantı).

1922-jılı A.Kompton qısqa tolqınlı elektromagnit nurlarının' erkin ha'm a'zzi baylanısqa elektronlardag'ı shashırawın baqlawdın' na'tiyjesi boyınsha 1905-jılı A.Eynshteyn ta'repinen boljap aytlg'an fotonnı bar ekenligin da'lilledi (Kompton effekti). 1923-jılı A.Kompton ha'm P.Debay bul qubılıstın' teoriyalıq intepretatsiyasın taptı.

- O.SHtern ha'm V.Gerlax o'zlerinin' ta'jiriybelerinde atomdag'ı elektronlardın' magnit momentlerinin' tek diskret ma'nislerge iye bolatug'ınlıg'ın da'lilledi (ken'isliktegi kvantlanıw, SHtern-Gerlax ta'jiriybesi). Atomlar da'stesindegi atomlardın' magnit momentlerin anıqlaw ideyasın birinshi bolıp 1920-jılı P.L.Kapitsa ha'm N.N.Semenovlar usındı.

- M.Katalan spektrallıq multipletler tu'sinigin kirgizdi.

- F.Brekett vodorod atomının' infraqızıl oblasttag'ı spektrlik seriyasın taptı (Brekett seriyası).

- L.Brilliuen ta'repinen kristallardag'ı jaqtılıqtın' fluktuatsiyalıq shashırawındag'ı spektrdin' juqa qurılısının' o'zgeretug'ınlıg'ın baqladı (tap usınday na'tiyjeler 1926-jılı L.İ.Mandelshtamm ta'repinen de alındı). Usınnan «Brilliuen-Mandelshtam effekti» atı kelip shıqtı. Eksperimentte 1930-jılı L.İ.Mandelshtam, G.S.Landsberg ha'm E.F.Gross ta'repine baqlandı.

- E.Kartan to'rt o'lsheimli buralg'an ken'isliktin' geometriyasın rawajlandırdı.

- O.V.Losev metall-yarım o'tkizgish kontaktında joqarı jiyilikli elektromagnit terbelislerinin' qozdırılatus'ınlıg'ın ashtı.

- Dj.Lilienfeld avtoelektron emissiyası qubılısın (metallar ta'repine ku'shli elektr maydanının' ta'sirinde elektronlardın' shıg'arılıwı) ashtı.

1922-24 jıllar A.A.Fridmannın' Eynshteynnin' gravitatsiya maydanı ten'lemelerinin' statsionar emes sheshimlerin tabıwı. Usı sheshimler tiykarında ol A'lemnin' statsionar emes ekenligin boljadı (statsionar emes kosmologiyalıq model). Durıslıg'ı eksperimentte Amerikalı Xabbl ta'repinen 1929-jılı tastıyıqlandı.

²³ Hayal adam.

²⁴ Anıqsızlıq printsipi tiykarında atom yadrolarında elektronlardın' bolmaytug'ınlıg'ın biz jaqsı bilemiz.

1923-jılı P.L.Kapitsa Vilson kamerasin magnit maydanına jaylastırdı ha'm zaryadlang'an bo'lekshelerdin' treklerinin' (izlerinin') iymeyetug'ınlıg'ın baqladı. 1924-jıldan baslap magnit maydanına qoyılğan Vilson kamerasinın' ja'rdeminde birinshilerden relyativistlik bo'leshelerdin' (jaqtılıqtın' tezligine jaqın u'lken tezlik penen qozg'alatug'ın bo'lekshelerdin') zatlar menen ta'sirlesiwın D. V. Skobeltsın sanlıq jaqtan izertlewdi basladı.

- Jaqtılıqtın' kombinatsiyalıq shashırawın boljaw (A.Smekal).

- S.İ.Vavilov ha'm V.L.Lëvshin uran shiyshesi ta'repinen jaqtılıqtın' jutılıwının' jaqtılıqtın' intensivliginin' artıwı menen kemeyiwinen turatug'ın optikadag'ı birinshi sızılıq emes effektı taptı.

1923-24 jılları L.de Broyl materiyanın' tolqınlıq qa'siyeti haqqındag'ı ideyanı ayttı ha'm rawajlandırdı (de Broyl tolqınları). Korpuskulalıq-tolqınlıq dualizmnin' ulıwmalıq ekenligi haqqındagı L.de Broylın' bul ideyası SHredingerdin' tolqın mexanikasının' tiykarında turadı.

1924-25 jılları spektr sızıqlarının' asa juka qurılısın tu'sindiriw maqsetinde yadrolıq spin gipotezasın usındı.

1924-jılı SH.Boze ha'm A.Eynshteyn pu'tin spinge iye bo'lekshelerdin' kvant statistikasını islep shıqtı (Boze-Eynshteyn statistikasi).

- A.Eynshteyn bir atomlı ideal gazdin' kvant teoriyasın do'retti.

1924-25 jılları V.Pauli ha'zirgi waqıttag'ı teoriyalıq fizikanın' en' a'hmiyetli printsiplerinin' birin keltirip shıg'ardı (Pauli printsipti). Bul printsipt boyınsha ha'r bir xalda spin $\frac{1}{2}$ ge ten' tek bir bo'lekshe g'ana jasay aladı.

1924-jılı E.Epplton ionosferanı ashtı. 1926-jılı joqarg'ı shashıratıwshı qatlamdı (*E* qatlamın) taptı (Epplton qatlamı). Bul katlamnın' bar ekenligin 1902-jılı O.Xevisayd boljap aytqan edi.

1925-jılı gamma-kvantların' elektronlarda shashırawının' ha'r bir shashıraw aktinde energiya menen impulstin' saqlanıw nızamının' orınlanatug'ınlıg'ı da'lillendi (V.Bote, G.Geyger).

- S.Gaudsmit ha'm Dj.Ulenbek elektronnıń ishki mexanikalıq ha'm magnit momentlerinin' bar ekenligi haqqındag'ı gipotezanı usındı (spin gipotezası). Bul gipoteza (spin tu'sinigi) ko'p qıyın ma'selelerge da'rha'l juwap bere aldı ha'm ko'psilik ta'repinen moyınladı (spin ideyasına 1921-jılı A.Kompton da ha'm 1925-jılı R.Kronigte kelgen edi).

- V.Geyzenberg jetkilikli da'rejede izbe-iz bolmag'an Bor teoriyasının' qıyınshılıqlarınan o'tiw boyınsha sheshiwshı qa'dem qoydı. Tek baqlanıwshı shamalar menen shekleńiw printsiptin ha'm ayrıqsha operatorlar menen koordinatalarg'a ha'm impulslerge ta'sir etiw arqalı kvant mexanikasının' tiykarın du'zdi. Sol jala M.Born ha'm P.İordan koordinatalar menen impulsler matritsasın kirgiziw arqalı Geyzenbergtin' ideyalarına qatan' tu'rdegi matematikalıq tu'r berdi.

- Birinshi ret Vilson kamerasında azot yadrosının' alfa nurlarının' ta'sirinde bo'liniwinin', protonnıń izinin' ha'm yadronın' foto su'wretleri alındı (P.Blekett).

- P.Oje qozdırıwshı energiyanın' ishki qayta bo'listiriliwi jolı menen qozg'an atomnıń avtoionizatsiyası qubılısın ashtı (Oje effekti).

- Qalıq qatlamlı yadrolıq fotoemulsiyalar ja'rdeminde zaryadlang'an bo'lekshelerdi registratsiyalawdın' usılı islep shıg'ıldı (L.V.Misovskiy ha'm basqalar).

- G.İzing sızılıq rezonanslıq tezletkishti usındı. 1928-jılı usınday tezletkish penen birinshi tabıshı ta'jiriybeni R.Videroe o'tkerdi.

- X.Kramere ha'm V.Geyzenberg sa'ykeslik printsiptin' ja'rdeminde kombinatsiyalıq shashırawdı da o'z ishine alatug'ın dispersiyanın' tolıq formulasın aldı (Kramersa-Geyzenberg formulası).

- E. İzing ferromagnetizmnin' modelin usındı (İzing modeli).

1926-jılı E.SHredinger kvant mexanikasın du'zdi ha'm mikroob'ekttin' halın ta'riplew ushın tolqın funktsiyasını yamasa psi-funktsiyanı kirgiziw jolı menen kvant mexanikasının' tiykarı ten'lemesin keltirip shıg'ardı (SHredinger ten'lemesi).

- M.Born, V.Geyzenberg P.İordan ha'm olardan g'a'rezsiz P.Dirak matritsalar variantındag'ı relyativistlik emes kvant mexanikasının' formalizmin do'retiw jumısların juwmaqladı.

- M.Born tolqın funktsiyasının' statistikalıq interpretatsiyasını berdi.

- E.SHredinger Geyzenbergtin' matritsalıq mexanikası menen tolqın mexanikasının' matematikalıq ekvivalent (matematikalıq jaqtan ekvivalent) ekenligin da'lilledi.

- Spini nolge ten' bolg'an bo'leksheler ushın birinshi relyativistlik tolqın ten'lemesi du'zildi (Kleyn-Fok-Gordon ten'lemesi, O.Kleyn, V.Gordon, V.A.Fok).
- L.Brilliuen, G.Venttsel ha'm X.Kramere Bor-Zommerfeldtin' eski kvantlanıw qag'ıydaları menen baylanıs ornatatug'ın bir o'lishemli SHredinger ten'lemesinin' juwıq menshikli ma'nislerin ha'm menshikli funktsiyaların tabıwdın' usılın islep shıqtı (BVK usılı).
- E.SHredinger kvant mexanikasındag'ı juwıq usıl bolg'an «vozmumenie»ler usılın islep shıqtı²⁵.
- P.Dirak ha'm P.İordan tu'rlendiriw teoriyasın (predstavlenieler teoriyasın) do'retti²⁶.
- M.Born ku'sh orayında bo'lekshelerdi shashıraw haqqındag'ı ma'seleni sheshiwın' juwıq usılın taptı (Bornov shashırawı).
- E.SHredinger tolqın paketi kontseptsiyasın usındı.
- YArım pu'tin spinge iye bo'leksheler ushın kvant statistikası do'retildi (Fermi-Dirak statistikası, E.Fermi, P.Dirak).
- Dj.Van Flek diamagnetizmnin' kvant teoriyasın do'retti (1927-dılı usınday jumıstı L.Poling orınlag'an edi).
- YA.İ.Frenkel kristallardıń pa'njeresindegi qozg'alıwı tesikler haqqındag'ı (tesiklik o'tkizgishlik) ha'm tesik penen pa'njere tu'yinleri arasındag'ı atom tu'rindagi kristallıq pa'njelerdin' defektleri haqqındag'ı tu'siniktı kirgizdi («Frenkel boyınsha defektler»),
- P.Debay ha'm U.Djiok bir birinen g'a'rezsiz paramagnetiklerdi adaiabatalıq magnitsizlew arqalı to'mengi temperaturalaradı alıw usılın usındı (magnit salqınlatıw). 1933-34 jılları V.de Gaaz, U.Djiok ha'm F.Saymon ta'repinen usı usıl menen birinshi eksperimentallıq izertlewler ju'rgizildi.
- X.Bush magnit maydanının' fokuslawshı qa'siyetin ashtı ha'm elektronlıq magnit linzanı islep shıqtı. Bul izertlewler elektronlıq optikanın' baslaması bolıp tabıladı.
- 1926-27 jılları elektronları bir tekli tıg'ızlıq penen tarqalg'an awır atomnıń elektronlıq qabıqların ta'riplew ushın model du'zildi (L.Tomas, E.Fermi, Tomas-Fermi modeli).
- X.Kramere ha'm R.Kronig klassikalıq elektrodinamikada dispersiyalıq qatnastı keltirip shıg'ardı (Kramers-Kronig qatnası).
- 1927-jılı V.Geyzenberg kvant mexanikasının' fundamentallıq qa'desi bolg'an anıqsızlıq printsipin usındı.
- N.Borom ta'repinen qosımshalıq printsipi keltirilip shıg'arıldı (printsip dopolnitelnosti).
- V. Elzasser ta'repinen 1925-jılı boljap ayılğ'an elektronlardın' difraktsiyası ashıldı (K.Devisson, L.Djermer, Dj.P.Tomson).
- 1927-28 jılları ekinshi kvantlanıw usılı islep shıg'ıldı (P.Dirak, P.İordan, O.Kleyn, IU.Vigner).
- 1932-jılı bul usıl V.A.Foktn' jumıslarında jetilistirildi.
- 1927-jılı L.de Broyl kvant mexanikasının' interpretatsiyası maqsetinde ushqısh tolqınlar (volnı-pilot) kontseptsiyasın islep shıqtı.
- 1927-31 jılları Dj.Neyman kvant mexanikasının' printsiplerinin' qatan' matematikalıq formulirovkasın do'retti.
- 1927-jılı V.Pauli spini $\frac{1}{2}$ ge ten' bolg'an zaryadlang'an bo'lekshenin' sırtqı elektromagnit maydanında qozg'alıwın ta'ripleytug'ın relyativistlik emes ten'lemenı keltirip shıg'ardı (Pauli ten'lemesi).
- P.Dirak nurlanıwdın' kvant teoriyasın do'retti. Usının' menen birge ol elektromagnit maydanının' kvant teoriyasının' baslamasın qaladı. 1928 - 32 P.Dirak, V.Geyzenberg, V.Pauli, E.Fermi, V.A.Fok ha'm basqalar ta'repinen kvant elektrodinamikasının' ha'm maydannın' kvant teoriyasının' tiykarları do'retildi. Maydannın' kvant teoriyası ideyaları A.Eynshteynge (1905-, 1909-jıllar), P. Erenfestke (1906-jıl) ha'm P. Debayg'a (1910-jıl) barıp tireledi.
- SH.Ellis ha'm U.Vusterler beta ıdırawdı energiya balansının' buzılatug'ınlıg'ın an'g'ardı (Ellis-Vuster eksperimenti).

²⁵ Rus tilindegi «vozmumenie» so'zine sa'ykes keliwshi fizika iliminde qollanıwǵa bolatug'ınday qaraqalpaqsha so'z elege shekem tabılǵan joq (2008-jıldın' sentyabr ayı).

²⁶ «Predstavlenieler teoriyası» rus tilindegi «teoriya predstavleniy». Qaraqalpaq tilinde fizika iliminde qollang'anday sa'ykes so'z elege shekem tabılmaǵı.

1927-jılı vodorod molekulası birinshi ret esaplandı. Bul esaplaw kvant ximiyasının baslang'anlıg'ının belgisi edi (F. London, V. Gaytler).

- IU.Vigner ta'repinen aynalıq simmetriyanın ashılıwı ha'm juplıqtın saqlanıw nızamının keltirilip shıg'arılıwı (tolqın funktsiyasının juplıg'ı haqqındag'ı ko'z-qarastın kirgiziliwi).

- V.Pauli elektronnın spinin ta'riplew maqsetinde matritsa kirgizdi (Paulidin spinlik matritsaları).

- D.Dennison protonnın spininin bar ekenligin boljadı ha'm onın ma'nisi ushın $\frac{1}{2}\hbar$ shamasın aldı.

- Atom yadrolarının spininin ashılıwı.

- Atom yadrolarının baylanıs energiyaların xarakterlewshi jaylastırıw koeffitsientlerinin massalıq sanlardan g'a'rezliginin birinshi iymekliginin du'ziliwi (F.Aston).

- Nurlanıwdın kvant teoriiyası ramkalarında kvant elektronikası tiykarında jatatug'ın ma'jbu'riy ha'm birinshi nurlardıń birdey ekenliginin boljap aytılwı (P.Dirak).

- Multipletlerdegi atomlıq qa'ddilerdin jaylasıwların anıqlaytug'ın eki emperikalıq qag'ıydalardıń F.Xund ta'repinen tabılıwı (Xund qag'ıydaları).

- V.Pauli ta'repinen elektron gazinin paramagnetizmi teoriiyasının do'retiliwi (Pauli paramagnetizmi).

- Dj. Van Flek atomlar menen molekularardıń paramagnitlik qabıllag'ıshlıg'ının ulıwmalıq teoriiyasın islep shıqtı ha'm Van-flek paramagnetizmi dep atalatug'ın simmetriya emes atomlardın diamagnitlik qabıllag'ıshlıg'ı ushın paramagnitlik qosımtanı taptı.

- D.V.Skobeltsın magnit maydanına jaylastırılǵ'an Vilson kamerasında kosmos nurlarının joqarı energiyag'a iye bolǵ'an bo'lekshelerinin izlerin birinshi bolıp aldı, usı izertlewler menen joqarı energiyalı kosmos nurların izertlew da'wiri baslandı.

- YA.Kley kosmos nurlarının ken'lik effektin taptı (1932-jılı A.Kompton da usınday qubılıstı taptı).

- R. Videroe tsikllıq induktsiyalıq tezletkish islep shıqtı (usınday tezletkish ideyasına ol 1922-jılı kelgen edi). 1922-ılı tezletkish ideyasın Dj.Slepyan da using'an edi.

- Absoliut nolde kristaldın energiyasının atomlardın terbelisindey bolıp ko'rinetug'ınlıg'ının tuwrıdan-tuwrı da'lili alındı (R.Djeyms, E.Fers).

- S.İ.Vavilov ta'repinen liuminestsentsiyanın kvanthlıq shıg'ıwının ma'jbu'rlewshi nurlardıń uzınlıg'ınan g'a'rezsizligi tabıldı (Vavilov nızamı).

1927-28 jılları metallarda energiyalıq zonalardıń bar ekenligin haqqındag'ı ideya usınıldı (M. Strett).

1928-jılı relyativistlik elektronnın qozg'alısın ta'ripleytug'ın kvantomexanikalıq ten'lemeni keltirip shıg'ardı (relyativistlik kvant mexanikasının baslanıwı). Bul ten'lemeden elektronnın spininin $\frac{1}{2}\hbar$ qa ten' ekenligin kelip shıqtı.

- L.İ.Mandelstam ha'm M.A.Leontovich bo'lekshenin potentsial barer arqalı o'tiw teoriiyasın do'retti. 1927-jılı R.Oppengeymer bo'lekshenin eki potentsial shıqır arasındag'ı potentsial barer arqalı o'tiwin ulıwmalıq tu'rde esaplag'an edi.

- Alfa ıdırawdı tunnellik protsess dep qarawshı teoriyanın islep shıg'ılıwı (Dj.Gamov, E.Kondon, R.Gërni).

- A.Zommerfeld metallardıń birinshi kvant teoriiyasın islep shıqtı. Bul teoriyada metallardıg'ı elektronlıq gazdı Fermi-Dirak statistikasına bag'ınatug'ın ideal sistema dep qaradı. Elektronlıq gazdın jıllılıq sıyımlıg'ının nelikten kishi shama ekenligin tu'sindirdi.

- Almasıw ta'sirlesiwı (obmennoe vzaimodeystvie) ha'm almasıw ku'shleri (obmennie silı) tu'siniklerinin kirgiziliwi (V.Geyzenberg, P.Dirak).

- Elektronlar arasındag'ı almasıw ta'sirlesiwine tiykarlang'an (kollektivlestirilgen model) ferromagnetizmnin birinshi kvant teoriiyası (YA.İ.Frenkel) ha'm lokalizatsiyalang'an spinler modeli (V. Geyzenberg) do'retildi.

- R.Fauler ha'm L.Nordgeym elektronlıq tunnelleniw tiykarında metallardan elektronlardın salqın emissiyasın tu'sindirdi (Fauler-Nordgeym modeli).

1928-30 jıllar F.Blox ha'm L. Brilluieu ta'repinen qattı denelerdin zonalıq teoriiyası do'retildi.

1928-jılı Dj.Xartri ko'p deneler teoriyası ma'selelerin sheshiwidin' juwıq usılın (1930-jılı V.A.Fok ta'repinen rawajlandırıl' an o'zi menen o'zi kelistirilgen maydan usılı²⁷) (Xartri-Fok usılı).

- R.Ladenburg 1921-jılı o'zi boljag'an, al 1924-jılı X.Kramers ta'repinen boljang'an teris dispersiyanın' bar ekenligin eksperimentte da'lilledi.

- Atom spektrleri sızıqlarında asa juqa qurılıstın' bar ekenliginin' da'llilleniwi (A.N.Terenin, L.N.Dobretsov, G.S.Hiuller).

- Kristallardag'ı jaqtılıqtın' kombinatsiyalıq sheshirawının' (L.İ.Mandelstam, G.S.Landsberg), suyuqlıqlardag'ı jaqtılıqtın' kombinatsiyalıq sheshirawının' ashılıwı (SH.Raman, K.Krishnan).

- Suyıq geliydegi 2,19 K temperaturada ekinshi a'wlad fazalıq o'tiwiniñ bar ekenliginn' ashılıwı ha'm suyuq geliydin' eki tu'rinin' (geliy I ha'm geliy II) bar ekenliginin' tabılıwı (V.Keez, M.Volfke).

- To'mengi temperaturalarda molekulaıq kristaldın' spektrinin' diskret qurılısı eksperimentte tabıldı (İ.V.Obreimov).

- P.L.Kapitsa metaldın' elektr karsılıgının' magnit maydanının' kernewligine g'a'rezli sızıqlı o'setug'inlig'inin' tabılıwı (Kapitsa nızamı).

1929-jılı Kompton effektinin' kvant teoriyası do'retildi (O.Kleyn, İ.Mishina) ha'm bul effekttegi elektronlardın' shashirawın ta'riplewshi ten'leme keltirilip shıg'ıldı (Kleyn – Mishina ten'lemesi).

- V. Gaytler ha'm G. Gertsberg azot yadrolarının' Boze-Eynshteyn statistikasına bag'ınatug'inlig'in tawıp azot yadroları statistikasın islep shıqtı (1930 bunday jumıstı F.Razettide isledi). Bul yadrolardıñ qurılısının' protonlıq-jlektronlıq qurılısının' durıs emes ekenligin da'lilledi.

- O.SHtern atomlar menen molekullardıñ difraktsiyasın ashtı.

- V.Bote ha'm V.Kolxërsterler kosmos nurların izertlewge sa'ykeslik keliw usılın (metod sovpadeniy) qollandı (Bot-Kolxërster ta'jiriyeleri) ha'm da'slepki kosmos nurlarının' zaryadlang'an bo'lekshelerden turadı degen juwmaqqa keldi.

- N.Mott sheksiz awır strukturag'a iye emes noqatlıq nıshanada shashiraw qubılısın izertledi ha'm atomnıñ shashirawının' differentsial kese-kesimi ushın formulanı keltirip shıg'ardı (Mott formulası).

- N.Mott elektron da'stesinin' shashirag'anda polyarizatsiyalanatug'inlig'in boljadı.

- X.Bete ta'repinen kristallıq maydan teoriyasının' do'retiliwi.

- X.Kramere kristallardıñ magnetizmi mashqalasında a'hmiyetli orındı iyeleytug'in teoremanı keltirip shıg'ardı (Kramers teoreması).

- Plazma ha'm plazmalıq terbelisler tu'siniklerinin' kirgiziliwi (İ.Lengmiur, L.Tonks).

- E. Merrit germaniydın' yarım o'tkizgishlik qa'siyetin ashtı.

1930-jılı berilliydi alfa bo'leksheleri ta'repinen bombalag'anda u'ken sin'iwshilikke iye (bolshaya pronikaıumaya sposobnost) nurlardıñ payda bolatug'inlig'in ko'rsetti (V. Bote, G. Beker). Bul nurlanıwdı izertlewler neytronlardın' ashılıwına alıp keldi.

- P.Dirak keyinirek V.Geyzenberg (1934-jılı) ha'm X. Kramers (1937-jılı) ta'repinen rawajlandırıl' an «tesikler» teoriyasın usındı.

1930-31 jılları kristallardıñ energiyalıq spektri (bir birinen qadag'an etilgen zonalar menen ayrıl' an energiyanın' ruqsat etilgen ma'nislerinie sa'ykes keliwshi jolaqlar) ko'z-qarasının' qa'liplesiwi (R.Payerls, L.Brilliuen, R.Kronig ha'm basqalar).

1930-jılı Dj.Sleter kristallardıñ polyarlıq modelin usındı.

- İ.E.Tamm jaqtılıqtın' kristallarda shashiraw teoriyasın islep shıqtı ha'm qattı denelerdegi serpimli terbelisler (fononlar) haqqındag'ı ko'z-qarastı kirgizdi. Fononlar ideyası A.Eynshteynnin' (1911-jılı) ha'm P. Debyadın' (1912-jılı) jumıslarında bar edi.

- Ferromagnetiklerdin' domenlik qurılısının' teoriyası do'retildi (YA.İ.Frenkel, YA.G.Dorfman).

- L.D.Landau ta'repinen metallardag'ı elektronlardın' diamagnetizmin teoriyalıq boljaw (Landau diamagnetizmi).

- Spin tolqınları haqqındag'ı tu'sinik kirgizildi (F. Blox).

²⁷ «Metod samosoglasovannogo polya» so'zleri karaqalpaq tiline «o'zi menen o'zi kelistirilgen» dep awdarıl' an.

- F.Blox to'mengi temperaturalardagi ferromagnetiklarning o'zinshe magnitleniwinin' temperaturaliq g'a'rzligin tapti (Bloxtin' ekiden u'sh nizami).
- L.V.SHubnikov ha'm V.de Gaaz suyuq geliy temperaturasidagi magnit maydanidagi vismuttin' elektr karsilig'inin' ostsillyatsiyasin tapti (SHubnikov-de Gaaza effekti).
- K.Vagner yarim o'tkizgishlarning eki tipinin' bar ekenligin tapti (elektronliq ha'm tesiklik yarim o'tkizgishler).
- V. SHotki «SHotki boyinsha defektler» tu'sinigin kirgizdi.
- 1930-33 jillar segnetoelektrikler (ferroelektrikler) teoriyasinin' do'retiliwi (P.P.Kobeko, I.V.Kurshatov).
- 1931-jili V.Pauli neytrino gipotezasin usindi (neytrino ideyasi onda 1930-jili payda bolg'an edi).
- P.Dirak antibo'lekshelarning bar ekenligin, juplarning tuwiliwi menen annigilyatsiyasin boljadi ha'm elementar magnit zaryadi bar degen gipotezanı usindi (Dirak monopoli)²⁸.
- R.Van de Graaf zaryadlang'an bo'lekshelarning elektrostatikalıq tezletkishin do'retti (Van de Graaf generatori). Bul tezletkishtin' islew printsipin ol 1929-jili islep shıqqan edi.
- TSiklotron qurildi (E.Lourens, M.Livingston). Onin' ideyasın 1927-jili M.SHteenbek ha'm 1929-jili L.Stsilard, E.Lourens ha'm J.Tibolar using'an edi.
- P.Erenfest ha'm R.Oppengeymerler spinleri $\frac{1}{2}$ ge ten' taq sandagi bo'lekshelardan turatug'in atom yadrolarının' Fermi-Dirak statistikasına, al iz jup sandagi bo'lekshelardan turatug'in atom yadrolarının' Boze-Eynshteyn statistikasına bag'ınatug'inlig'in ko'rsetti (Erenfest-Oppengeymer teoremasi).
- A.Vilson yarim o'tkizgishlarning kvant teoriyasın do'retti, «donorlıq» ha'm «aktseptorlıq» o'tkizgishlik tu'siniklerin kirgizdi.
- R.Payerls fononlar gazdinin' qozg'alısı sıpatında jıllılıq o'tkizgishliktin' kvant teoriyasın islep shıqtı, «asırip o'tkiziw protsessleri» («protsessi perebrosa») tu'sinigin kirgizdi.
- YA.I.Frenkelem ta'repinen molekullıq eksitonning boljanıwı (Frenkel eksitoni).
- V.de Gaaz ha'm P.van Alfen to'mengi temperaturalarda metallarning magnitlik qabıllag'ıshlig'inin' magnit maydanının' kernewliginen g'a'rzligin tapti (de Gaaza-van Alfen effekti).
- Jaqtılıqtın' selektivlik shashırawının' ashılıwı (L.I.Mandelshtam, G.S.Landsberg).
- I.E.Tamm ha'm S.P.SHubin metallardagi fotoeffektin' kvant teoriyasının' tiykarın saldı.
- F.Bitter ferromagnetiktin' domenlik qurılısın poroshoklar figurasının' ja'rdeminde baqladı (1934-jili usınday baqlawları N.S.Akulov ha'm M.V.Dextyarlar o'tkerdi).
- L.Onsager ta'repinen qaytımlı emes protsessler termodinamikasının' tiykarı teoremlarının' birinin' da'llileniwi (Onsager teoremasi) ha'm sıziqlıq printsipinin' ornatiılıwı.
- Elektron mikroskopı islep shıg'ıldı (M.Knoll, E.Ruska) (1939-jili V.K.Zvorikin 100000 ese u'lkeytetugın elektron mikroskopın soqtı).
- K.YAnskiy birinshi radioteleskoptı soqtı ha'm kosmoslıq radionurlanıwdın' bar ekenligin ashtı. Bul ashılıw radioastronomiyanın' birinshi qa'demi bolıp tabıladı (1937-jili G.Reber birinshi parabolalıq radioteleskoptı soqtı).

EKINSHI ETAP (1932-1954 jillar)

- 1932-jili Dj.SHedvik ta'repinen neytronning ashılıwı. 1920-jili E.Rezerford ha'm U.Xarkins ta'repinen bir birinen g'a'rezsiz boljang'an.
- Deyteriydin' ashılıwı (G.IUri)²⁹. Deyteriydin' bar bolıwının' kerekligi 1920-jili E.Rezerford ta'repinen boljang'an.
 - Neytronlarning ta'sirinde birinshi yadroliq aylanıslar a'melge asırılğ'an (N.Fezer, L.Meytner, U.Xarkins).

²⁸ Dirak monopoli usı waqıtlarga shekem ashılğ'an joq (2008-jıl, sentyabr ayı).

²⁹ Deyteriy dep yadrosı bir protonnan ha'm bir neytronnan turatug'in vodorod atomına (vodorodtin' izotopına) aytamız.

-D.D.İvanenko yadroların' neytron-protonluq qurılısı ha'm neytronnıñ' elementar bo'lekshe ekenligi haqqında gipotezasın usındı. V.Geyzenberg ta'repinen tikkeley rawajlandırılğan bul model proton-jlektronluq modeldin' ko'plegen kırıynshılıqların saplastırdı ha'm atom yadroları xaqqındag'ı ha'zirgi waqıtlardıg'ı ko'z-qarastın' tiykarında jatadı.

- Ku'shli ta'sirlesiwidin' ashılıwı.

- Dj.Kokroft ha'm E.Uolton protonlardı jasalma jol menen tezletiwshi a'sbap bolg'an kaskad generatorın soqtı (Kokroft-Uolton tezletkishi).

-Dj.Kokroft ha'm E.Uolton jasalma tu'rde tezletilgen protonnıñ' ta'sirinde ju'retug'ın birinshi yadroluq reaksiyanı ju'zege keltirdi. Bul yadroluq reaksiyada litiy atomlarının' yadrolarının' transmutatsiyası orın aldı. Bir neshe aydan son' bunday reaksiya Moskvada da ju'zege keltirildi (A.K.Valter, K.D.Sinelnikov, A.İ.Leypunskiy, G.D.Latishev).

- K.Anderson pozitrondı ashtı (1933-ılı bul ashılıwdı P.Blekett ha'm Dj.Okkialini tastıyıqladı).

- V.Geyzenberg formal matematikalıq ha'reket sıpatında izotopiyalıq spin tu'sinigin kirgizdi. 1936-jılı B.Kassen ha'm E.Kondon toluq izotopiyalıq spinge sa'ykes keletug'ın kvant sanı haqqındag'ı ideyanı usındı.

-V.Geyzenberg yadroluq ku'shlerdin' toyınıwshı ku'shler ekenligin ko'rsetti (1933-jılı usınday juwmaqqa E.Mayoranada kelgen edi).

- İ.U.Vigner ta'repinen waqıttın' belgisin o'zgertiwge karata simmetriyanın' bar ekenligin ashtı (waqıtlıq juplıqtın' saqlanıw nızamı).

- E.Finberg kvant mexanikasında optikalıq teoremanı da'lilledi.

- L.Neel antiferromagnetizmdı boljadı ha'm magnit podreshetkası tu'sinigin kirgiziw arqalı onın' teoriyasın islep shıqtı. 1933-jılı antiferromagnetizmnin' magnetiktin' ayırıqsha bir fazası tu'sinigin L.D.Landau kirgizdi.

1932-jılı metall-yarım o'tkizgish kontaktında toqtı tuwrılwdı u'yreniwge kvantomexanikalıq tunnelleniw ko'z-qarasları qollanıldı (A.Vilson, YA.İ.Frenkel, A.F.İoffe, L.Nordgeym).

- İ.E.Tamm kristallardıñ' betindegi elektronlardın' ayırıqsha hallarının' bar ekenligin boljadı (Tamm qa'ddideri).

- Ultrasestegi jaqtılıqtın' difraktsiyası qubılısı ashıldı (P.Debay, F.Sire, R.Liuka, P.Bikar).

- V.Keez ha'm K.Kluzius ta'repinen suyuq geliydin' salıstırmalı jıllılıq sıyımlıgının' temperaturalıq g'a'rezliginde anomaliyalardı taptı ha'm jıllılıq sıyımlıg'ının' ma'nisinin' sekirip o'zgeriw noqtatın taptı (λ noqtatı, 2,19 K temperaturada).

1933-jılı gamma kvanttın elektron menen pozitronnıñ' payda bolatug'ınlıg'ı ashıldı (F. ha'm İ. Jolio-Kiuri, K.Anderson, P.Blekett, Dj.Okkialini). Bul qubılıstın' mexanizmin 1933-jılı R.Oppengeym tu'sindirdi.

- F.Jolio-Kiuri ha'm J.Tibo 1931-jılı P.Dirak boljap aytqan elektronlar menen pozitronlardın' annigilyatsiyasın eksperimentte da'lilledi.

- Kosmos nurlarında elektron-pozitron no'serleri ashıldı (P.Blekett, Dj.Okkialini). 1929-jılı kosmos nurlarındag'ı bir biri menen genetikalıq baylanısqa bir neshe (to'rtke shekem) toparlardın' bar ekenligin D.V.Skobeltsın baqladı. 1933-jılı kosmosluq no'serlerdin' payda bolatug'ınlıg'ın B.Rossi taptı.

- Frederik ha'm İren Jolio-Kiuriler neytronlardın' massasın en' birinshi bolıp esapladı ha'm onın' protonnıñ' massasınan u'lken ekenligin ko'rsetti. Sonlıqtan neytronnıñ' ornıqlı emes bo'lekshe ekenligi ha'm sonlıqtan onın' protong'a aylanıwının' itimallıg'ı kelip shıg'adı.

- YAdroliq reaksiyalarda massa menen energiyanın' ekvivalentliginin' durıs ekenligi eksperimentte da'lillendi (M.Olifant, E.Rezerford).

- O.SHtern ha'm O.Frışh vodorod molekulasındag'ı protonnıñ' magnit momentin o'lshedi.

1933-jılı P.Dirak vakuumnıñ' polarizatsiyası effektinin' orın alatug'ınlıg'ın boljadı (1934-jılı usınday boljawdı V.Geyzenberg usındı). Vakuumnıñ' polarizatsiyası teoriyasın 1936-jılı V.Vayskopf rawajlandırdı.

-E.Fermi beta ıdıraw teoriyasın islep shıqtı, bul teoriyag'a ol ta'sirlesiwidin' jan'a tipin – a'zzi ta'sirlesiwdi kirgizdi.

- P.Dirak antizattın' bar ekenligi haqqında gipotezasın usındı.

- Awır suw (tyajelaya voda³⁰) alındı (G.Liuis, R.Magdonald). 1934-jılı awır suwdı V A.İ.Brodskiy alg'an edi.

- V.Meyssner ha'm R.Oksenfeld asa o'tkizgishtin' sırttan tu'sirilgen magnit maydanın qısıp shıg'aratug'ınlıg'ın taptı (Meyssner effekti). 1934-jılı bul qubılıstı L.V.SHubnikov ha'm IU.N.Ryabininler de baqladı.

- İ.K.Kikoin ha'm M.M.Peskovler ta'repinen magnit maydanına jaylastırılğ'an yarım o'tkizgishte ku'shli jutılıwshı jaqtılıq nurları menen jaqtılandırılğ'anda elektr maydanın' payda bolıw qubılısın' ashılıwı (Kikoin-Noskovtın' fotomagnit effekti).

- IU.Vigner ha'm F.Zeytts kristallar teoriyasında yasheykalar usılın islep shıqtı (Vigner-Zeytts usılı). 1934-jılı Dj.Slater ta'repinen ulıwmalastırıldı.

1934-jılı jasalma radioaktivliktin' ashılıwı (Frederik ha'm İren Jolio-Kiuri).

- Frederik ha'm İren Jolio-Kiuri pozitronlıq radioaktivlikte ashtı.

- Neytronlar ta'repinen payda etiletug'ın jasalma radioaktivliktin' ashılıwı (E.Fermi).

- E.Fermi zatlardan'ı neytronlardın' a'steleniw qubılısın ashtı.

- Tritiy payda bolatug'ın deytronlardın' sintezi reaksiyası a'melge asırıldı (E.Rezerford, M.Olifant, P.Xartek).

- YAdrolıq fotoeffekt – deytronnıñ fotobo'liniwi³¹ ashıldı (Dj.SHedvik, M.Goldxaber). 1937-jılı awır yadrolardag'ı yadrolıq effekti V.Bote menen V.Gentnerler baqladı.

- Protonnıñ gamma-kvanttı shıg'arıw arqalı neytrondı tutıp alıw reaksiyasın' (radiatsiyalıq tutıp alıw) ashılıwı (D.Li).

- İ. E. Tamm ha'm D. D. İvanenko massag'a iye bo'leksheler maydanı arqalı ta'sirlesiwidin' mu'mkinshiligin esapqa alıp V.Geyzenberg ta'repinen rawajlandırılğ'an jup yadrolıq ku'shlerdin' maydan teoriyasın' tiykarın saldı.

- Dj.Vik Fermi teoriyasın proton neytrong'a aylanatug'ın pozitronlıq ıdırawg'a ulıwmalastırdı.

- Keri beta-ıdıraw boljandı ha'm neytrinonı tabıw mu'mkinshiligi qaraldı (X.Bete, R.Payerls).

- Neytronda magnit momentinin' bar ekenligi haqqındag'ı boljaw ayıldı, bul momenttin' belgisi ha'm shaması durıs bahalandı (İ.E.Tamm, S.A.Altshuler).

- Elektronlardın' zatlar arqalı o'tiwindegi radiatsiyalıq jog'alıw teoriyası islep shıg'ıldı (X.Bete, V.Gaytler).

- U.Bennet ta'repinen plazma arqalı o'tip atırg'an toqtın' magnit maydanı ta'repinen plazmanın' qısılıw effekti (pinsh-effekt) boljap ayıldı (1938-jılı bul effekti L.Tonkste boljap aytqan edi).

- P.A.SHerenkov S.İ.Vavilovtın' basshılıg'ında taza mo'ldir suyuqlıqlardın' zaryadlang'an bo'leksheler ta'sirinde jaqtılıq nurın shıg'aratug'ınlıg'ın ashtı (Vavilov- SHerenkov effekti)³².

- K.Gorter ha'm X.Kazimir asa o'tkizgishliktin' birinshi fenomenologiyalıq teoriyasın do'retti (Kazimir-Gorter modeli).

- K.Gorter salqınlatıw ushın yadrolıq adiabatlıq magnitsizleniw usılın usındı (1935-jılı yadrolıq salqınlatıw usılın F.Saymon da using'an edi, ol yadrolıq salqınlatıwdı a'melge asırıw ushın za'ru'rlı bolg'an eksperimentallıq sharayatlardı da talqıladı).

1934-37 jılları L.V.SHubnikov ta'repinen II a'wlad asa o'tkizgishlerinin' tabılıwı.

1935-jılı X.IUkava jup yadrolıq ku'shlerdin' maydan teoriyasın rawajlandırıw barısında yadrolıq maydannın' ku'shli ta'sirlesiw kvantı bolg'an nuklonlar arasındag'ıta'sir etisiwdi ta'miynleytug'ın bo'lekshenin' bar ekenligin boljadı (mezonlar). IUkava ta'repinen boljap ayılğ'an bo'leksheler 1947-jılı ashıldı ha'm usın' menen birge mezodinamikanın' baslamasına qa'dem qoyıldı.

³⁰ Awır suw - D₂O, suwdın' izotoplıq tu'ri, bul suwda vodorod atomları deyteriy atomları menen almasırlıg'an. Tıg'ızlıg'ı 1,104 g/sm³ (3,98 °S), eriw temperaturası 3,813 °S, al qaynaw temperaturası 101,43 °S. Ta'biyiy suwda N:D qatnası ortasha 6900:1 qatnasına ten'.

³¹ «Bo'lekshelerdin' fototuwlılıwı» yamasa «fotobo'liniwi» dep atom yadrolarında joqarı energiyag'a iye fotonlardın' ta'sirinde bo'lekshelerdin' payda bolıw yamasa bo'liniw protsessine aytamız. Sonlıqtan bul protsessin' jaqtılıq toqınlarına tikkeley baylanısı joq.

³² Bunday jaqtılıqtın' shıg'ıwı ushın suyuqlıq arqalı bo'lekshe usı suyuqlıqtı jaqtılıqtın' tezliginen u'lken tezlik penen qozg'alıwı kerek.

- Erkin neytronın' protong'a, elektrong'a ha'm neytrinog'a ıdıraytug' ınılıg' ı haqqında boljaw ayıldı (Dj.SHedvik, M.Goldxaber, X.Bete, M.Olifant, E.Rezerford).
- Kishi tezlik penen qozg'alıwshı neytronlardın' protonlarda shashıraw kese-kesimi birinshi ret o'lishendi (Dj.Danning, Dj.Pegram, İ.V.Kurshatov ha'm basqalar).
- Jılılıq neytronların' kadmiy yadrolarındag' ı ku'shli ta'sirlesiwı tabıldı (Dj.Danning, Dj.Pegram, Dj.Fink, D.Mitshell).
- Proton ta'repinen neytronın' uslap alınıwı anıq da'lillendi (L.A.Artsimovich, İ.V.Kurshatov).
- Uran-235 izotopı ashıldı (A.Dempster).
- K.Veytszekker yadrolardıń baylanıs energiyası ushın yarım emperikalıq formulanı keltirip shıg'ardı.
- Antiferromagnetizmnin' ashılıwı (L.V.SHubnikov, O.N.Trapeznikova, G.A.Miliutin, S.S.SHALT). 1938-jılı G.Bizetom ha'm 1932-jılı L.Neel ta'repinen tabıldı.
- L.D.Landau ha'm E.M.Lifshits ferromagnetiklerdin' domenlik qurılısının' teoriyasın do'retti ha'm magnit momentinin' qozg'alıs ten'lemesin du'zdi (Landau- Lifshits ten'lemesi).
- F. ha'm G.Londonlar (ag'a-inili) asa o'tkizgishliktin' fenomenologiyalıq teoriyasın do'retti (Londonlar ten'lemesi).
- V.Keez ha'm A.Keez ta'repinen suyıq geliy II nin' a'dettegidey emes ju'da' joqarı jılılıq o'tkizgishligin taptı (λ noqatı arqalı o'tkende jılılıq o'tkizgishtin' ma'nisi sheksiz u'iken shamag'a umtıladı).
- Bekkemliktin' statistikalıq teoriyası do'retildi (A.P.Aleksandrov, S.M.Jurkov).
- YAdrolardıń kvadrapolliq magnit momentinin' ashılıwı (X.SHIuller, T.SHmidt).
- Fazokonstrastlıq mikroskop oylap tabıldı (F.TSernike).
- 1936-jılı N.Bordın' quramlıq yadro teoriyasının' do'retiliwı (kompaund-yadro teoriyası).
- YAdronın' tamshı modelinin' do'retiliwı (N.Bor, YA.İ.Frenkel).
- G.Breyt, E.Kondon, N.Kemmer ha'm R.Prezent yadrolıq ku'shlerdin' zaryadlıq g'a'rezsizligin ashtı.
- V. Elzasser ta'repinen 1936-jılı boljap ayılğ'an neytronlardın' difraktsiyası ashıldı (D.Mitshell, X.Xalban ha'm P.Preysverk).
- G.Breyt ha'm IU.Vignerler yadrolıq reaksiyalardıń dispersiyalıq formulasın keltirip shıg'ardı (Breyt-Vagner formulası).
- Qattı vodorodtag' ı yadrolıq paramagnetizmnin' ashılıwı (L.V.SHubnikov, B.G.Lazarev).
- L. D. Landau kulon ta'sirlesiwı orın alg'an jag'daydag' ı plazmanın' kinetikalıq ten'lemesin du'zdi ha'm zaryadlang'an bo'leksheler ushın soqlıg' ısıw integralının' tu'rin taptı.
- Surmalı-tseyyli fotokatod oylap tabıldı (P.Gërlix).
- Avtoelektronlıq mikroskop oylap tabıldı (E.Miuller).
- 1937-jılı 1935-jılı X.IUKava ha'm S.Sakatalar ta'repinen boljap ayılğ'an K-tutıwdı taptı³³.
- IU.Vigner yadrolıq ku'shlerdin' zaryadlıq g'a'rezsizliginin' izotopiyalıq spin menen baylanısın' bar ekenligin ko'rsetti ha'm nuklon-nuklon ta'sirlesiwindegi izotopiyalıq spinnin' saqlanıw nızamın anıq keltirip shıg'ardı.
- X.Kramere ta'biyattın' tiykarg' ı nızamlarının' bo'lekshelerdi antibo'leksheler menen almasırwıg'a karata simmetriyalı ekenligin boljadı (zaryadlıq invariantlıq).
- YAdrolardıń statistikalıq teoriyası do'retildi (X.Bete, V.Vayskopf, L.D.Landau).
- Kosmos nurlarındag' ı no'serlerdin' kaskadlıq teoriyasının' tiykarları islenip shıg'ıldı (X.Baba, V.Gaytler, Dj.Karlson, R.Oppengeymer). 1938-jılı kaskad teoriyasının' ten'lemelerin sheshiwidin' qolaylı matematikalıq usılın L.D.Landau ha'm IU.B.Rumerler usındı.
- Kosmoslıq nurlardıń izlerinde «juldızlardın'» birinshi baqlanıwı (M.Blau, G.Vambaxer).
- İ.E.Tamm ha'm İ.M.Frank Vavilov-SHerenkov nurlanıwının' teoriyasın do'retti.
- L.D.Landau asa o'tkizgishlerdin' aralıqlıq halı teoriyasın do'retti. Bunday tu'sinikti (aralıqlıq halı tu'sinigi) 1936-jılı R.Payerls ha'm F.Londonlar kirgizgen edi (1937-jılı eksperimentte L.V.SHubnikov ta'repinen tastıyıqlandı).

³³ YAg'nıy K-elektron qabıg' ındagı elektronnın' atom yadrosı ta'repinen jutılıwı.

- L.D.Landau ekinshi a'wlad fazalıq o'tiwleri teoriyasın do'retti (ekinshi a'wlad fazalıq o'tiwler tu'sinigin 1933-jılı P.Erenfest using'an edi).

- G.Vane ha'm N.Mott o'tkizgishlik zonasındag'ı elektron menen valentlik zonasındag'ı tesik arasındag'ı baylanısqa xaldın' bolatug'ınlg'ı haqqındag'ı ko'z-qarastı rawajlandırdı (Vane-Mott eksitonı). 1951-jılı E.F.Gross ha'm N.A.Karrievler ta'repinen mis zakisi kristallarında tabıldı.

- Dj.Mayer hakiykiy gaz halının' ulıwmalıq ten'lemesin aldı.

1938-jılı K.Anderson ha'm S. Neddermeyerler miu-mezondı ashtı, onın' massasın anıqladı ($\sim 240m_e$). Bunday bo'lekshelerdin' bar ekenligi haqqındag'ı mag'lıwmatlardı olar 1936-jılı alg'an edi.

- Ken' atmosferalıq no'serler ashıldı (P.Oje, V.Kolxärster).

- X.IUkava ha'm S.Sakata yadroliq ku'shlerdin' zaryadlıq g'a'rezsizligin tu'sindiriw ushın neytral mezondı usındı. Neytral mezondı G.Frëlix, V.Gaytler, ha'm N.Kemmerler de boljag'an edi.

- Juldızlardın' energiya deregi sıpatında termoyadroliq reaksiyalardın' proton-proton tsikli ashıldı (X.Bete, K.Kritshfild).

1938-39 jılları termoyadroliq reaksiyalardın' uglerod-azot tsikli ashıldı (X.Bete, K.Veytszekker).

1938-jılı 18-dekabr ku'ni urannın' bo'liniw qubılısı ashıldı (O.Gan, F.SHtrassmann), Bul qubılıstı 1934-jılı İ.Noddak boljag'an edi.

- Materiyanın' birden bir teoriyası ta'repinen rawajlandırılğ'an Dirak ten'lemesinin' sıziqlı emes ulıwmalastırılıwı do'retildi (İvanenko-Geyzenberg ten'lemesi).

- A.A.Vlasov plazmanı ta'riplew ushın bo'leksheler arasındag'ı kollektivlik ta'sirlesiwde esapqa alatug'm ten'lemenı usındı (Vlasov ten'lemesi).

- Suyıq geliy II nin' fontanlanıw (termomexanikalıq effekt) effekti ashıldı (Dj.Allen, X. Djons).

- Geliy II nin' asa aqqışlıg'ı ashıldı (P.L.Kapitsa, Dj.Allen).

- L.Tissa geliy II nin' eki suyıqlıqlı modelin usındı.

- Spin temperatura tu'siniginin' kirgiziliwi (X.Kazimir). Eksperimentte 1951-jılı tastıyıqlandı.

Suyıq geliydegi plenkanın' alıp ju'riliwi qubılısının' ashılıwı (K.Mendelson, Dj.Daunt).

1938-39 jılları İ.Rabi molekulaıq da'steler rezonanslıq usılın islep shıg'ıw boyınsha jumısların juwmaqladı.

1939-jılı L. Meytner ta'repinen O.Gannın' ha'm F. SHtrassmannın' uran yadrolarının' derlik birdey massadag'ı sınıqlarg'a bo'liniwin da'lilleytug'm eksperimentlerin interpretatsiyalawı. L. Meytner ta'repinen «yadronın' bo'liniwi» tu'siniginin' kirgiziliwi.

- Urane yadrosının' eki bo'lekke bo'linetug'ınlg'mın' eksperimentallıq da'llileniwi ha'm bo'liniw energiyası tikkeley o'lshe (O.Frış, F.Jolio-Kiuri, G.Anderson, Dj.Danning).

1939-jılı uran yadrolarının' a'ste-akırın qozg'alıwshı neytronlar ta'repinen bo'liniw teoriyası do'retildi ha'm yadrolardın' spontan bo'liniwi boljandı (YA.İ.Frenkel, N.Bor, Dj.Uiler).

- Urannın' kritikalıq massası esaplandı (F.Perren ha'm basqalar).

- Bo'liniwde jan'a (ekinshi) neytronlardın' shıg'atıg'ınlg'mın' ashılıwı (L.Stsilard, E.Fermi, G.Anderson, V.Zinn, F.Jolio-Kiuri, X.Xalban, L.Kovarski).

- Uranda bo'liniwdin' shınjırlı yadroliq reaksiyasının' ju'riwinin' mu'mkin ekenligi tiykarlandı (L.Stsilard, IU.Vigner, E.Fermi, Dj.Uiler, F.Jolio-Kiuri, YA. B.Zeldovich, IU.B.Xariton, A.İ.Leypunskiy). SHınjırlı reaksiya ideyasın 1934-jılı Stsilard ha'm Jolio-Kiuri ja'ne L.Meytner usındı.

- Uran bo'lingende bo'linip shıg'atug'm neytronlardın' (jan'a yamasa ekinshi neytronlardın') energiyalıq spektri o'lshe di ha'm bo'liniwdin' bir aktine sa'ykes keliwshı ekinshi neytronlardın' ortasha sanı ha'zirgi waqıtları qabıl etilgen sang'a ($\nu = 2,5$) ju'da' jaqın keledi (V.Zinn, L.Stsilard).

- Keshigiwshı neytronlardın' ashılıwı (R.Roberte, R.Meyer, P.Vang).

- Qara qurdımlardın' bar ekenligin boljaw (R.Oppengeymer, X.Snayder).

- Grafitti neytronlardı a'steletiwshı sıpatında paydalanıw ideyasının' aytılıwı (Dj.Pegram, L.Stsilard, E.Fermi, G.Plashek).

- İ. Rabi proton menen deytroının' magnit momentlerin da'l o'lshe di.

- V. SHotki «yarim-o'tkizgish-metall» kontaktliq qatlamida payda bolatug' in potentsial barerdi izertledi (SHotki barer) ha'm usunday barerge iye yarim o'tkizgishli diodlardin' teoriyasin du'zdi (SHotki diodlari yamasa SHotki bareri bar diodlar).

1940-jili uran-235 tin' spontan bo'liniw qubilisi ashildi (G.N.Flërov, K.A.Petrajak).

- Erkin neytronnin' magnit momenti o'lishendi (L.Alvares, F.Blox).

- Taza uran-235 ayirilib alindi (Dj.Danning, A.Nir).

- Uran-235 tin' a'sten qozg'aliwshi neytronlar menen bo'linetug'inlig'ı da'lillendi (IU.But, Dj.Danning, A.Grose).

- Uran-awir suw sistemasında shinjirli yadroliq reaksiyanın' ju'riw mu'mkinshiligi da'lillendi (F.Jolio-Kiuri, X.Xalban, L.Kovarski).

- Birinshi transuran elementi neptuniy sintezlendi (E.Makmillan, F.Abelson).

- Berilliydi neytronlardı a'steletiwshi sıpatında paydalanıwdın' mu'mkinshiligi ko'rsetildi (M.Gold-xaber).

- Betatron qurildi (D.Kerst). Bo'lekshelerdi induksiyalıq tezletiw ideyasın 1922-jılı Dj.Slepyan ha'm R.Videroeler usındı.

- Kosmos nurlarındağ'ı o'tiwshi (pronikaıumie) no'serler baqlandı (Dj.Roshester, L.YAnomı).

- V.Pauli spinnin' statistika menen baylanısı haqqındağ'ı teoremanı keltirip shıg'ardı.

- G.London metallardağ'ı anomal skin-effektı ashtı.

1940-1941 jılları L.D.Landaudın' geliy II nin' asa o'tkizgishlik teoriyasın do'retiwi. Bul teoriyada geliyde ekinshi sestin' bar ekenligi boljandı.

1941-jılı plutoni-239 bo'liniwshi izotopı sintezlendi ha'm onın' a'sten qozg'aliwshi neytronlar ta'sir etkende bo'linetug'inlig'ı da'lillendi (G.Siborg, E.Mak-Millan ha'm basqalar).

- Uran-233 izotopı ashildi (G.Siborg ha'm basqalar).

- Yadrolardıń fotobo'liniwi ashildi.

- Mıs zakisinde $r - n$ o'tiwdiń ashılıwı (V.E.Lashkarev).

- D.D.Maksutov teleskoplarda ken'nen qollanilatug'ın meniskli optikalıq sistemalardı oylap taptı.

1942-jılı 2-dekabr ku'ni birinshi yadroliq reaktorda uran yadrolarının' bo'liniwinin' shinjirli reaksiyası a'melge asırıldı (E.Fermi, G.Anderson, V.Zinn ha'm basqalar).

-X.Alfven joqarı o'tkizgishlikke iye plazmada ku'shli magnit maydanında tarqalatug'ın elektromagnit tolqınların' jan'a tipin boljadı ha'm ol bul tolqınlardı 1950-jılı ashtı.

1943-jılı V.Geyzenberg ta'repinen shashıraw matritsası (yamasa S-matritsa) teoriyasının' do'retiliwi (birinshi bolıp S-matritsasın 1937-jılı Dj.Uiler usında, S-matritsa ideyasın L.İ.Mandelstamda usıng'an edi).

1944-jılı ta'biy uranda isleytug'ın, a'steletiwshi sıpatında awır suw qollanilatug'ın birinshi yadroliq reaktor iske tu'sti (Argon milliy laboratoriyası).

- V.İ.Veksler bo'lekshelerdi tezletiwdiń jan'a printsipi bolg'an avtofazirovka printsipin ashtı. Bul printsip jan'a tezletkishlerdi kırıwdın' tiykarında jatadı (fazotron, sinxrotron, sinxrofazotron, mikrotron). Onın' teoriyasın da V.İ.Veksler berdi. 1945-jılı usı printsipti E.Mak-Millan usında. Avtofazirovka ideyasın 1934-jılı L.Stsilard usındı.

- E.K.Zavoyskiy ta'repinen elektronlıq paramagnitlik rezonanstın' (EPR) ashılıwı. Bul rezonans 1923-jılı YA.G.Dorfman ta'repinen boljap ayılğ'an edi.

- D.D.İvanenko ha'm İ.YA.Pomeranshuk ta'repinen sinxronlıq nurlanıwdın' (magnit maydanında qozg'aliwshi relyativistlik elektronlardın' magnitlik-tormozlıq nurlanıwı) boljaniwı. 1946-jılı Bliuit ta'repinen ashildi.

- Bariy titanatı kristallarındağ'ı joqarı segnetoelektriklik (ferroelektriklik) qa'siyettin' ashılıwı (B.M.Vul).

- Okeanlardağ'ı sestin' asa uzaqlıqqa tarqalıw qubılısının' ashılıwı (M.İving. Dj.Vortsel). 1946-jılı bul qubılıstı L.M.Brexovskix ha'm L.D.Rozenbergler de baqladı.

1945-jılı 16-iiul ku'ni birinshi eksperimentallıq yadroliq partlanıw a'melge asırıldı (Alamogordo sahrasında). Amerika Qurama SHtatlarında birinshi atomlıq bombalar do'retildi.

1946-jılı Dj.Griffite 1913-jılı V.K.Arkadev ta'repinen boljap ayılğ'an ferromagnitlik rezonanstı baqladı (1947-jılı ferromagnitlik rezonanstı E.K.Zavoyskiy baqladı).

- 19412-jılı A.İ.Axiezer ha'm İ.YA.Pomeranshuk ta'repinen boljap ayılğ'an «salqın» neytronlar alındı (E.Fermi, G.Anderson, D.Mitshell).

- YAdroliq magnit rezonansı ashıldı (F.Blox, U.Xansen, E.Parsell, R.Paund).

- U.Libbi geoxronologıyanın' radiouglerodliq usılın islep shıqtı.

- B.M.Pontekorvo neytrınonı detektorlawdın' $SI^{37}+v \rightarrow Ar^{37}+e^{-}$ reaksiyasındag'ı xlor-argonlıq usılın usındı.

- L.Alvares dreyf nayına (trubasına) iye protonlardın' birinshi sıızılıq tezletkishin usındı (Alvares tezletkishi).

- 26-dekabr ku'ni Sovetler Soıuzındag'ı birinshi yadroliq reaktorda birinshi ret yadroliq shınjırlı reaksiya ju'zege keltirildi (İ. V. Kurshatov).

- L.D.Landau plazmadag'ı tolqınlardıń soqlıg'ısıwsız so'niw qubılısın boljadı (Landaudın' so'niw effekti). 1966-jılı tabıldı.

- N.N.Bogoliubov kinetikalıq qubılıslardıń ha'zirgi zaman teoriyasının' tiykarın qaladı.

- A.İ.Axiezer magnonlar kontseptsiyasın usındı.

- S.İ.Pekar polyaronlar haqqındag'ı ko'z-qaraslardı kirgizdi ha'm 1946-1949 jılları teoriyasın do'retti.

1946-48 jılları molekualıq eksitonlardın' ashılıwı (A.F.Prixotko, A.S.Davidov). Bunday eksitonlardın' bar ekenligin 1931-jılı YA.İ.Frenkel boljadı.

- A.İ.Leypunskiy tez ushıwshı neytronlarda isleytug'ın reaktorlar ideyasın usındı.

- Dj.Gamov «ıssı A'lem» teoriyasın islep shıqtı. Bul teoriyanın' durılıg'ı 1965-jılı reliktivlik nurlanıwdın' (mikrotolqınlıq) nurlanıwdın' ashılıwı menen tastıyıqlandı.

1947-jılı miuonlardın' ku'shli ta'sir etiwshi bo'leksheler emes ekenligi eksperimentlerde tastıyıqlandı (M.Konversi, E.Panshini, O.Pishshioni).

- Zaryadlang'an pionlardın' ashılıwı (S.Pauell, Dj.Okkialini, SH.Lattes, X.Miurxed).

- Kaonlar menen giperonlardın' baqlanıwı (Dj. Roshester, K.Batler). Kaonlardın' isenimli tu'de ashılıwı 1949-jılı, al giperonlardın' ashılıwı 1951-jılı orın aldı dep esaplaw qabıl etilgen (S.Pauell ha'm basqalar, kaonlardın' bar ekenligin ko'rsetetug'ın birinshi eksperimentallıq mag'lıwmatlardı 1944-jılı L.Leprens-Renge alg'an edi).

- U.Lemb ha'm R.Rizerford vodorod ha'm deyteriy atomlarının' energiya qa'ddilerinin' juqa qurılısın baqlaw boyınsha ta'jiriybeler o'tkerdi (Lemb-Rizerford ta'jiriybesi). Bul ta'jiriybelerdin' na'tiyjesi energiya qa'ddilerinin' jılıwı boldı (Lemb jılıwı). Lemb-Rizerfordtın' bul effekti (vodorodtın' termlerinin' dubletlik ajıralıwı) kvant elektrodinamikası ta'repinen tu'sindirilgen.

1947-1949 jılları qaytadan normirovkalaw usılı (metod perenormirovok) islep shıg'ıldı (X.Bete, V.Vayskopf, IU.SHvinger ha'm basqalar).

1947-jılı N.N.Bogoliubov ideal emes boze-gaz teoriyasın islep shıqtı.

- A.B.Pippard anomal skin-effekt teoriyasın do'retti.

- Stsintillyatsiyalıq sshetshiktin' (esaplag'ıshın') islep shıg'ılıwı (X.Kalman).

- İ.Prigojin entropiyanı islep shıg'arıwdın' minimallıg'ı haqqındag'ı teoremanı keltirip shıg'ardı (Prigojin teoreması).

1948-jılı P.Kash tap usı jılı IU.SHvinger ta'repinen esaplang'an elektronnıń anomal magnit momentin o'lishedi.

- A'zzi ta'sirlesiwın' μ -e-universallıg'ı usınıldı (Dj.Puppi).

- A.Snell ha'm L.Miller eksperimentte erkin neytronnıń beta ıdırawın taptı. 1950-jılı bunday eksperimentlerdi Dj.Robson ha'm P. E.Spivak o'tkerdi ha'm onıń yarım ıdıraw da'wirin o'lishedi (ha'zirgi ma'nisi $\tau = 15,3$ minut).

1948-49 jılları ha'zirgi zaman kvant elektrodinamikasın do'retiw jumıslarının' juwmaqlanıwı (S.Tomonaga, R.Feynman, IU.SHvinger, F.Dayson).

1948-jılı L –tutılıwdın' baqlanıwı (B.M.Pontekorvo).

- Rezonanslıq yadroliq reaksiyalar teoriyasının' qurılıwı (A.İ.Axiezer, İ.YA.Pomeranshuk).

- Kosmos nurlarının' quramında atom yadroları tabıldı.

- Gazorazryadliq plazmadag'ı da'stelik ornıqsızlıqtın' (pushkovaya neustoyshivost) boljap aytılwı (Dj.Pirs, A.İ.Axiezer, YA.B.Faynberg). 1949-jılı usınday boljawdı D.Bom ha'm E.Gross islegen edi. 1957-60 jılları Faynberg ha'm onın' xızmetkerleri ta'repinen tabıldı.

- K.Gorter kobalt-60 yadroların polyarizatsiyalaw usılın usındı (1951-jılı bir bag'ıtta orientatsiyalang'an yadrolardı alıw usılların islep shıg'ıw menen B.Blini ha'm R.Paundlar shug'ıllandı).

- Ushqınlı (iskrovoy) sshetshik (esaplag'ısh) sog'ıldı (Dj.Keyfel).

- U.SHokli ha'm Dj.Pirsonler tranzistordı islep shıg'ıwda u'lken a'hmiyetke iye bolg'an maydan effektin taptı.

- YArım o'tkizgishli tranzistor islep shıg'ıldı (Dj.Bardin, U.Bratteyn).

- paramagnitlik rezonans teoriiyası islep shıg'ıldı (N.Blombergen, E.Parsell, R.Paund).

- A.S.Davidov ta'repinen molekullıq kristallardag'ı jaqtılıqtın' jutılıw teoriiyası do'retildi ha'm o'lmegen (nevirojdeniye) molekullıq terimlerin' ajralıwı boljandı («davidov ajralıwı», «davidovskoe rasııplenıe»).

- L. Neel ferromagnetizm modelin islep shıqtı. 1949-50 jılları K.SHall ta'repinen tastıyıqlandı.

- Suyıq geliy ^3Ne alındı.

- D.Tabor ta'repinen golografiyanın' do'retiliwi.

1949-jılı M.Geppert-Mayer³⁴ nuklonlar arasında ku'shli spin orbitalıq ta'sirlesiwidin' ornı alatug'ınlıg'ın ha'm yadroda protonlar menen neytronlardın' bir birinen g'a'rezsiz energiyalıq qabıqlar boyınsha tarqalıwın boljadı. Bul magiyalıq sanlardı a'piwayı tu'rde tu'sindirdi (usınday ideyanı 1950-jılı O.Xaksel, X.Ynsen ha'm G.Ziussler de usıngan edi). M.Geppert-Mayerdin' jumısı 1949-1950 jılları yadronın' qabıqlıq modelinin' do'retiliwine alıp keldi.

1949-jılı proton ha'm neytron arasındag'ı ta'sir etisiwdin' almasıw xarakterde ekinligi eksperimentte tastıyıqlandı (K.Brakner ha'm basqalar).

- E.Fermi ha'm SH.YAng pionlardı nuklonlar menen antinuklonlardan turatugın sistemalar dep karawdı usındı (quramlıq elementar bo'lekshenin' birinshi modeli).

- Neytronlardın' polyarizatsiyalang'an da'stesin alıw (D.IUz, M.Berdji).

- Tez qozg'alıwshı zaryadlang'an bo'lekshelerin' yadrolardag'ı diarktsiyalıq shashırawının' teoriiyasının' du'ziliwi (A.İ.Axiezer, İ.YA.Pomeranshuk).

- IU.Vigner barionlardın' sanının' saqlanıw nızamın keltirip shıg'ardı (bul nızamnın' anıq an'latpası 1938-jılı shıqqan E.SHTiukelbergin' jumısında bar edi).

- Rishard Feynman kvant elektrodinamikasında bo'lekshelerin' tuwılıwın ha'm shashırawın sa'wlelendiriwdin' grafikalıq usılın usındı (Feynman diagrammaları).

- Elektronlıq-yadrolıq no'serlerin' ashılıwı (D.V.Skobeltsın, N.A.Dobrotin, G.T.Zatsepin).

- U.SHokli ha'm Dj.Xeyns germaniy kristallarındag'ı tiykarg'ı emes toq alıp ju'riwshilerin' qozg'alg'ıshlıg'ın (podvijnost) ha'm jasaw waqtın (vremya jizni) tikkele anıqlawg'a mu'mkinshilik beretug'ın eksperimentler o'tkerdi (Xeyns-SHokli ta'jiriybesi).

- U.SHokli $p - n$ o'tiwidin' teoriiyasın do'retti (SHokli teoriiyası).

- U.SHokli $p - n$ tranzistordı usındı.

- N.D.Morgulis ha'm P.M.Marshuk energiyanı tu'rlendiriwdin' termoemissiyalıq usılın taptı.

- L. Onsager kritikalıq fazalıq o'tiw temperaturalarınan to'men temperaturalarda tezlikten u'lken tezlikler menen qozg'alıwshı suyıq geliydin' asa aqqısh qurawshısında kvant iyrimlerinin' payda bolatug'ınlıg'ın boljadı (1955-jılı usınday boljawdı R.Feynman usındı). Bul boljaw eksperimentte 1961-jılı V.Vaynen ta'repinen tastıyıqlandı.

1950-jılı neytral pi-mezon π^0 ashıldı (R.Bërklund, V.Krendall, B.Moyer ha'm basqalar). Onın' bar ekenliginin' jetkilikli da'rejedegi da'lilin 1950-1952 jılları pi mezonın' fototuwılıwın baqlag'an V.Panovskiy ha'm Dj. SHteynberger usındı.

- 1948-jılı Goldxaber ha'm E.Teller ta'repinen boljap ayılğ'an yadrodag'ı rezonanslıq shashırawdin' - gigant rezonanstın' ashılıwı (R.Dressel, M.Goldxaber, A.Xanson).

³⁴ Hayal adam.

- M.Rozenbliut protonlardag'ı serpilimli shashırag'an elektronlardın' differentensiallıq kese-kesimi ushın formulanı keltirip shıg'ardı (Rozenbliut formulası).
- Dj. Reynuoter yadronın' sferoidallıq modelin usındı yadra.
- 1950-jılı yadronın' kollektivlik modeli do'retildi (O.Bor, B.Mottelson). Vklad v razrabotku etoy modeli vnesli takje Dj. Reynuoter (1950), D. Xill ha'm Dj. Uiler (1953).
- 1950-jılı joqarı temperaturalı plazmanı magnit maydanının' ta'sirinde termoizolyatsiyalaw ideyası usınıldı. Bul ideya termoyadroliq ustanovkalardıń islewiniń tiykarında jatadı (İ.E.Tamm, L.Spittser ha'm basqalar).
- İ.E.Tamm o'zinin' xızmetkerleri menen birgelikte «Tokamak» tuyıq teroidallıq magnit tutqısh (lovushka) proektin usındı.
- Ku'shli fokusirovka ideyasının' aytılwı (N.Kristofilos). 1952-jılı bul ideyanı E.Kurant, M.Livingston ha'm X.Snayderler usındı.
- YAdroliq kvadrupolliyaq rezonanstın' baqlanıwı (R.Paund, X.Demelt, X.Kriuger).
- Kosmoslıq nurlardıń deregi asa jan'a juldızlar degen gipotezanın' usınılwı (D.Xaar). 1956-jılı bul ideyanı S.Xayakava qollap-quwatladı.
- V.L.Ginzburg ha'm L.D.Landau asa o'tkizgishliktin' yarımfenomenologiyalıq kvant teoriyasın do'retti (Ginzburg-Landau teoriyası).
- Dj.Bardin ha'm G.Frëlix metaldag'ı elektronlardın' virtuallıq fononlar almasıwının' saldarınan bir biri menen tartısatug'inlig'm boljadı.
- G.Frëlix elektron-fonon ta'sirlesiwine tiykarlang'an asa o'tkizgishliktin' teoriyasın jetilistirdi (Frëlix modeli). Bul model izotopiyalıq effektin' bar ekenligin ko'rsetti.
- Asa o'tkizgishlerdegi izotopiyalıq effekt ashıldı (E.Maksvell, K. Reynolde). Bul jag'day asa o'tkizgishliktin' elektronlar menen kristallıq pa'njere terbelisleri (fononlar) arasındag'ı ta'sirlesiw menen baylanıslı ekenligin bildirdi.
- F.London asa o'tkizgishke maydannın' sin'iwiniń teren'ligi tu'sinigin kirgizdi.
- Deformatsiyalıq potentsial tu'sinigi kirgizildi (Dj.Bardin, U.SHokli). Deformatsiyanın' potentsialı haqqındag'ı ko'z-qarastı 1952-jılı S.İ.Pekar rawajlandırdı.
- İ.YA.Pomeranshuk ^2He din' to'mengi temperaturalardag'ı ayırıqsha qa'siyetlerine tiykarlang'an salkınlatıwdın' jan'a usılın usındı (Pomeranshuk effekti). 1965-jılı a'melde paydalanılğan.
- E.Parsell ha'm R.Paund induktsiyalang'an nurlanıwdı birinshi ret baqladı.
- Magnitogidrodinamikalıq tolqınlardıń ashılıwı (X.Alfven). Bunday tolqınlardıń bar ekenligin ol 1942-jılı boljag'an edi.
- E.Gan spin jan'g'ırığ'ın (spinovoe exo) ashtı.
- 1951-jılı Λ° lyambda-nul-giperon ashıldı (R.Armenteros, K.Batler, A.Kashon, A.SHepmen).
- Tan' qalarlıq bo'lekshelerdin' (strannie shastitsı) jup-juptan tuwılatug'inlig'ı haqqındag'ı gipoteza usınıldı (İ.Nambu, K.Nishidjima, İ.YAmagushi, S.One-da). 1952-lılı usınday ideyag'a A.Paysta kelgen edi.
- Pozitroniy ashıldı (M.Deysh, E.Dulit). 1934-jılı S.Moxorovich ta'repinen boljandı.
- X.Bete ha'm E.Solpiterler baylanısqa hallardı ta'riplew ushın relyativistik ten'lemenı keltirip shıg'ardı (Bete-Solpiter ten'lemesi).
- YAdroliq janılg'ını ken'eytilgen tu'rde qayta islep shıg'atug'ın eksperimentallıq reaktor-ko'beytkish iske tu'sti (brider reaktori). Bul reaktordan birinshi ret elektr energiyası alındı (V.Zinn). 1955-jılı Sovetler Soıuzında tez qozg'alıwshı neytronlarda isleytug'ın BR-1 reaktori iske tu'sti (A.İ.Leypunskiy).
- K.Gorter ta'repinen antiferromagnit rezonansının' ashılıwı. Bunday rezonanstın' teoriyasın sol jılı bir birinen g'a'rezsiz SH.Kittel ha'm T.Nagamiyyalar islep shıqtı.
- E.Parsell ha'm R.Paund on' ha'm teris spin temperaturası haqqındag'ı ko'z-qarastı kirgizdi. Spin temperaturası tu'sinigin birinshi ret 1938-jılı X.Kazimir ha'm Dj.Pre using'an edi.
- E.F.Gross ha'm N.A.Karriev mıs zakisi kristallarında Vane-Mott eksitonların taptı.
- L.Spittser stellarator ideyasın usındı.
- Pinsh-effektin' baqlanıwı (A.Ueyr).

- Avtoionliq mikroskop oylap tabildi (E.Miuller).
- 1952-jili ksi-minus-giperon ashildi (R.Armenteros, K.Barker, K.Batler, A.Kashon, K.York).
- Pi-mezoatomlar ashildi (M.Kamak).
- M.Danish ha'm E.Pnevskiy ta'repinen giperbyadrolardın' ashalawı.
- Birinshi eksperimentallıq termoyadroliq partlanıwda termoyadroliq energiyanın' ko'p mug'darının' basqarıwı'a bolmaytug'ın taqlette shıg'ıwı a'melge asırıldı (O. Bikini).
- Gazlerdegi quwatlı impulslik razryadlardan neytronlar menen qattı gamma nurlarının shıg'ıw qubılısı ashildi (L.A.Artsimovich, M.A.Leontovich ha'm basqalar).
- G. İ. Budker (R. Post ha'm X. Yorkten g'a'rezsiz) ku'sh sıziqları qoyıwlanatug'ın ushastkalarg'a iye magnit maydanı ta'repinen plazmanı uslap turıw ideyasın keltirip shıgardı (magnit probkaları).
- D. Glezer ko'bikli kameranı oylap taptı.
- Metallardag'ı elektronlıq paramagnitlik rezonanstın' ashılıwı (T.Grisuold ha'm basqalar).
- A.A.Abrikosov II a'wlad asa o'tkizgishlerinin' bar ekenligin boljadı (1934-37 jılları L. V. SHubnikov eksperimentte ashtı).
- Optikalıq tarttırıw (optisheskaya nakashka) qubılısının' ashılıwı (A. Kastler).
- 1952-53 jılları lepton sanı tu'sinigi usınıldı ha'm leptonlıq zaryadtın' saqlanıw nızamı keltirilip shıgıldı (YA.B.Zeldovich, D.Marks, E.Konopinskiy, G.Maxmud).
- 1953-jılı sigma-plus-giperon Σ^+ ashildi (A.Bonetti ha'm basqalar).
- YAdro fizikasında «Tan' qalarlıq» (strannost) tu'sinigi kirgizildi ha'm tan' kalarlıqtın' saqlanıw nızamı keltirilip shıg'arıldı (M.Gell-Mann, K.Nishidjima). Olar ta'repinen izotopiyalıq invariantlıq printsipinin' ulıwmalastırılıwı ha'm onı pionlar menen giperonlarga tarqatıw a'melge asırıldı, olar ta'repinen elektr ha'm barionlıq zaryadlardı, tan' qalarlıqtı ha'm izotopiyalıq spinnin' u'shinshi proektsiyasın baylanıstırıwshı formula keltirilip shıg'arıldı (Gell-Mann-Nishidjima formulası).
- Miu-mezoatomlar ashildi (V.Fitsch, Dj.Reynuoter).
- Ku'shli ta'sirlesiwlerdin' zaryadlıq g'a'rezsizligi gipotezası usınıldı (R. Saks). Usınday ideyag'a 1955-jılı X.Bete ha'm F.Goffmanlar da kelgen edi.
- 12-avgust ku'ni vodorod bombası birinshi ret sinap ko'rildi (İ.V.Kurshatov).
- Tuwrı yadroliq reaksiyalar modeli usınıldı (S.T.Batler).
- Overxauzer effektinin' ashılıwı (T.Karver, SH.SHlixter). Bul effektin' bar ekenligin 1953-jılı A.Overxauzer boljang'an edi.
- YArım o'tkizgishlerdegi tsiklotronlıq rezonanstın' ashılıwı (Dj.Dresselxauzen, SH.Kittel ha'm basqalar). 1951-jılı bir birinen g'a'rezsiz YA.G.Dorfman ha'm R.Dingl ta'repinen boljang'an.
- A.Pippard asa o'tkizgishtin' modelin kogerentlik uzınlıg'ı ko'z-qarasları tiykarında jetilistirdi ha'm asa o'tkizgishlerdin' lokallıq emes teoriyasın usındı (Pippard ten'lemesi).
- Asa o'tkizgishlerdegi energiya san'lag'ının' bar ekenligin birinshi ret eksperimentte tastıyıqlaw (B.Gudman).
- A.E.SHudakov ta'repinen 1946-jılı V.L.Ginzburg ha'm İ.M.Frank ta'repinen boljang'an o'tiwshi nurlanıwdın' (perexodnoe izlushenie) ashılıwı.
- İ.M.Lifshits ha'm A.M.Kosevish de Gaaz-van Alfena effektinin' teoriyasın do'retti.
- SHved B.Platten birinshi bolıp almazdı sintezledi. 1955-jılı almazlardin' sintezi Amerika Qurama SHtatlarında, al 1960-jılı v SSSRda a'melge asırıldı (L.F.Veremagin).
- 1954-jılı tan' qalarlıq bo'lekshelerdin' generatsiyasının' mexanizmi, olardıń ku'shli ta'sirlesiwlerde assotsiativlik tuwılıwı ha'm a'zzi ta'sirlesiwlerdegi ıdırawı eksperimentte tastıyıqlandı (U.B.Fauder, R.SHatt, A.Torndayk, U.Vittemor).
- R.Dalits u'sh bo'lekshenge bo'linetug'ın turaqlı emes bo'lekshelerdin' kvant sanların anıqlaw usılın taptı (Dalits diagrammaları).
- Σ^- sigma-minus-giperon ashildi (S.Debenedetti, S.Garelln, L.Tallone, M.Vigone ha'm basqalar).
- Protonlar da'stesinin' vodorod nishana arqalı o'tkende polyarizatsiyag'a ushıraytug'ınlıg'ı ashildi (S.Oksli).

- V.Vayskopf G.Feshbax ha'm K.Porter menen birlikte yadronın' optikalıq modelin islep shıqtı.
- Vakuumnın' polarizatsiyası effekti tastıyıqlandı (M.Stirns).
- Berkli qalasında energiyası 6,3 GeV bolg'an protonlıq sinxrofazotron iske tu'sti.
- Deytronnın' difraktsiyalıq bo'liniwi effekti boljandı (E.L.Feynberg, A.İ.Axiezer, A.G.Sitenko).
- 27-iiun ku'ni quwatlıgı 5000 kVt bolg'an du'nyada birinshi atom elektrostantsiyası Obninsk qalasında iske tu'sti (İ.V.Kurshatov, D.İ.Bloxintsev).
- M.Gell-Mann, M.Goldberger ha'm V.Tirringler maydannın' kvant teoriyasında dispersiyalıq qatnaslar usılın usındı. Bul usıl 1956-jılı N.N.Bogoliubov ta'repinen pion-nuklonlıq shashıraw ushın tiykarlang'an edi.
- M. Gell-Mann ha'm F. Lou renormalizatsiyalıq grupp (topar) usılın rawajlandırdı. Usınday jumıs u'stinde N.N.Bogoliubov, D.V.SHirkov ha'm E.SHtiukelbergler de shug'ıllandı.
- SH.YAng ha'm R.Mills maydannın' birinshi abellik emes kalibrovkalıq teoriyasın do'retti (YAng-Mills teoriyası). Bunday jumıstı R.SHu da isledi.
- Ammiak molekulları da'stesinde birinshi kvant generatorı do'retildi (N.G.Basov, A.M.Proxorov, SH.Tauns). Usının' menen kvant elektronikasının' baslaması salındı. İnduktsiyalang'an nurlardı ku'sheytiw ha'm generatsiya maqsetinde a'melde paydalanıw ideyası 1951-1952 jılları SH.Tauns, A.M.Proxorov, N.G.Basov ha'm Dj.Veber ta'repinen ayılg'an edi.
- M.Kruskal ha'm M.SHvartsschild ta'repinen magnit maydanındag'ı plazma jibinin' (plazmenniy shnur) ornıqlı emes ekenliginin' boljap ayılıwı (Kruskal-SHvartsschild ornıqsızlıg'ı).
- 1954-65 jıllar metallardı ha'zirgi elektronlıq teoriyasının' do'retiliwi (İ.M.Lifshits).
- 1954-jılı akustoelektr effekti ashıldı (R.Parmenter).
- Birinshi «tokamak» sog'ıldı (İ.N.Golovin, N.A.YAvlinskiy).
- 1954-55 jılları A.B.Migdal tormozlı nurlanıwdın' sanlıq teoriyasın do'retti.
- Dj.SHu ha'm F.Lou to'men energiyalardag'ı pionlardın' nuklonlarda shashıraw teoriyasın islep shıqtı.
- 1954-jılı kremniyden islengen ha'm izbe-iz jalg'ang'an $p - n$ o'tkellerden turatugın Quyash batareyaları islep shıg'ıldı (D.SHaplin, K.Fuller, Dj.Pirson).

U'SHINSHI ETAP (1955-jıldan baslap)

- 1955-jılı joqarı energiyalı elektronlar menen bombalaw jolı menen nuklonlardın' qurılısın u'yreniw baslandı (R.Xofshtadter). Ken'islik-waqıtlıq masshtablardıń jan'a oblastqa, sub'yadrolıq qa'ddige o'tiwi.
- YAdro-nıshananın' nuklonları menen tezletilgen protonlardın' soqlıg'ısıw protsesslerinde antiproton ashıldı (S.SHemberlen, E.Segre, S.Vigand, T.İpsilantis).
 - K_1^0 - ha'm K_2^0 - mezonların' bar ekenliginin' boljanıwı, olardıń massaların ha'm jasaw waqtın esaplaw (M.Gell-Mann, A.Pays).
 - 101-element - mendeleviy sintezlendi (G.Siborg, A.Giorso, B.Garvey, G.SHopin, S.Tompson).
 - V.Pauli elementar bo'lekshelerdin' simmetriyasın sa'wlelendiriwshi *CPT* teoremasın keltirip shıg'ardı (Liuders-Pauli teorema). 1954-jılı usı teorema menen baylanıslı bolg'an bir qatar ma'selelerdi G.Liuders qarap shıqtı.
 - N.N.Bogoliubov maydannın' kvant teoriyasında aksiometrlik jaqınlasıwdı usındı (1956-jılı tap usınday usınıs A.Vaytmannan da shıqqan edi). Bunın' ramkalarında S-matritsa ushın sebeplilik sha'rtleri keltirilip shıgarıldı (Bogoliubovtın' mikrosebeplik sha'rti).
 - N.G.Basov ha'm A.M.Proxorov ten' salmaqlı emes kvant sistemaların' u'sh qa'ddili usılın usındı.
 - Ximiyalıq elementlerdin' juldızlarda payda bolıwının' termoyadrolıq teoriyası usınıldı (Dj. ha'm M.Bėrbidji, U.A.Fauler, F.Xoyl).
 - Jiyiliktin' atomlıq standartı do'retildi (L.Essen).

- Qaytimli emes protsesslerdin' kvant teoriyası oblastındag'ı izertlew jumıslarının' baslanıwı (L.Van-Xov, R.Kubo).

1956-jılı bo'lekshelerdi tezletiwidin' kollektivlik usılları islep shıg'ıldı (V.İ.Veksler, G.İ.Budker, YA.B.Faynberg). Bul boyınsha birinshi ideyalardı 1934-jılı U.X. Bennet ha'm 1939-jılı X.Alfven usingan edi.

- Antineutron ashıldı (B.Kork, O.Pishshioni, U.Venzell, G.Lembertson).

- $\bar{\nu} + p \rightarrow e^+ + n$ kerı beta ıdırawda antineytrınonın' tabılıwı (F.Reynes, K.Kouen).

- Σ^0 sigma-nul-giperonnın' haqıyqatında da bar ekenligi haqqındag'ı isenimli da'liller alındı (L.Alvares).

- K_2^0 -mezon ashıldı (K.Linde, L.Lederman).

- Gamma kvantlardan miuonlar jumının' payda bolatug'ınlıg'ın eksperimentte tabıw (V.Panovskiy).

- 1947-jılı F.Frank ha'm 1953-jılı YA.B.Zeldovich ta'repinen bolıap ayılğ'an miuon katalizi ashıldı (L. Alvares).

- T.Li ha'm SH.YAng a'zzi ta'sirlesiwlerde juplıq saqlanbaydı degen juwmaqqqa keldi (yag'nıy P -invariantlıq buzıladı) ha'm juplıqtın' saqlanıw nızamının' buzılıwın tastıyıqlaytug'ın bir qatar eksperimentlerdi, sonın' ishinde beta-ıdırawdı izertlewdi usındı. Ko'p sandag'ı eksperimentlerdi talqılap olar ku'shli ha'm a'zzi ta'sirlesiwlerde juplıqtın' saqlanıw nızamının' qatan' tu'rde orınlanatug'ınlıg'ın, al a'zzi ta'sirlesiwlerde bolsa bun nızamın' eksperimentlerde da'llilenbegen ekstropolyatsiyalıq gipoteza ekenligin ko'rsetti.

- Ku'shli ta'sirlesiwshi bo'leksheler ushın jan'a kavant sanı sıpatında giperzaryad tu'sinigi kirgizildi (B.d'Espanya, Dj.Prentki). IU.SHvinger Y giperzaryadı «tan' qalarlıq» S ha'm barionlıq san V menen $Y = S + V$ ten'lemesi arqalı baylanıstırdı.

- S.Sakata tiykarına p , n ha'v Λ^0 di qoyıw jolı menen mezonlar menen barionlardı klassifikatsiyalaw usılın usındı (Sakata sxeması).

- D.Kerst zaryadlang'an bo'lekshelerdi tezletiw ushın ushırasıwshi da'steler ideyasın usındı (G.İ.Budker ta'repinen D.Kerstiten g'a'rezsiz jetilistirildi).

- L.Kuper fermi-bo'leksheler sistemasında qanday a'zzi tartılısw orın alsa da baylanısqa juplardın' payda bolatug'ınlıg'ın ko'rsetti (Kuper effekti).

- L.D.Landau ta'repinen fermi-suyıqlıqtın' teoriyasının' do'retiliwi.

- Metallardag'ı tsiklotronlıq rezonanstın' ashılıwı (E.Foset).

- Fntiferromagnetiklerdegi a'zzi ferromagnetizmın' tabılıwı (A.S.Borovik-Romanov, M.P.Orlova).

- Qos elektronlıq-yadrolıq rezonans ashıldı (Dj.Feer).

- Magnitoakustikalıq rezonanstın' bar ekenligi boljandı (A.İ.Axiezer, V.G.Baryaxtar, S.V.Peletminskiy).

1956-57 jılları V.İ.Veksler, G.İ.Budker ha'm YA.B.Faynberg bo'lekshelerdi tezletiwidin' kollektivlik usılın usındı.

1957-jılı Kobalt-60 tın' polyarizatsiyalang'an yadrolarının' beta ırırawında shıg'arılğ'an elektronlardın' tarqalıwında asimmetriya tabıldı. Bul a'zzi ta'sirlesiwde juplıqtın' saqlanbaytug'ınlıg'ının' eksperimentlerdegi da'lili bolıp tabılardı (TS. By). Usı jılı pionlar menen miuonlardın' ıdıraw protsessinde de juplıqtın' saqlanıw nızamının' orınlanbaytug'ınlıg'ın L.Lederman ha'm R.Garvin, giperonlardın' ıdırawın izertlegen F. Krauford ha'm basqalar taptı.

- Beta ıdırawda tek ken'isliktegi juplıq (R -invariantlıq) emes, al S -invariantlıqtın'³⁵ da buzılatus'ınlıg'ı anıqlandı (T.Li, SH.YAng, R.Eme).

- A'zzi ta'sirlesiwlerde kombinatsiyalang'an juplıqtın' (SR -invariantlıqtın'³⁶) saqlanatus'ınlıg'ı haqqındag'ı gipoteza usınıldı (L.D.Landau, A.Salam, T.Li, SH.YAng).

³⁵ S -invariantlıq dep qanday da bir ta'sirlesiwde qatnasatus'ın barlıq zaryadları olardıń antibo'leksheleri menen almastırıw operatsiyasın aytamız.

³⁶ CP -invariantlıq (kombinatsiyalang'an inversiya) dep qanday da bir bo'lekshelerden turatus'ın fizikalıq sistemada sol bo'lekshelerdi antibo'leksheler menen ha'm on'dı teris penen almastırıw operatsiyasına qarata simmetriyanı aytadı.

- Eki kurawshıg'a iye neytrino teoriyası usınıldı. Bul teoriya boyınsha neytrino neytrino teris (on' vint), al antineytrino on' spirallıqqa (teris vint) iye, yag'nıy ν ha'm $\bar{\nu}$ ha'r qıylı bo'leksheler bolıp tabıladı (L.D.Landau, A.Salam, T.Li ha'm SH.YAng). Spini $\frac{1}{2}$ ge ten' bo'lekshelerdin' eki kurawshıg'a iye relyativistlik teoriyasın qurıwdın' mu'mkinshiligin 1929-jılı G.Veyl qarap shıqtı. 1937-jılı bolsa eki kurawshıg'a iye teoriyanı E.Mayorana keltirip shıg'ardı.

- Beta ıdırawda ha'm mezonlardın' ıdırawlarında bo'linip shıg'atug'ın neytrinolardın' ha'r qıylı bo'leksheler (elektronlıq neytrino ν_e , ha'm miuonlıq neytrino ν_μ) ekenligi boljandı (M.A.Markov, K.Nishidjima, IU.SHvinger).

- Plazmanın' nawalıq turaqsızlıg'ı (ornıqsızlıg'ı) (jelobkovaya neustoyshivost) boljandı (B.B.Kadomtsev, M.Rozenbliut, S.Longmayr). Eksperimentte 1961-jılı M.S.İoffe ta'repinen tabıldı.

1957-jıl 4-oktyabr ku'ni SSSR da Jerdin' birinshi jasalma joldası ushırıldı.

1957-58 jılları R.Xofshtadter nuklonlardag'ı jokarı energiyalı elektronlardın' shashırawın eksperimentte u'yreniw barısında nuklonlardın' form-faktorın birinshi ret anıqladı (1957-jılı protonnıń zaryadlıq ha'm form-faktori, 1958-jılı neytronnıń magnitlik form-faktori anıqlandı).

- A'zzi ta'sirlesiwidin' V-A universal teoriyasın' do'retiliwi (M.Gell-Mann, R.Feynman, R.Marshak, E.Sudarshan, Dj.Sakurai).

1957-jılı B.M.Pontekorvo neytrinolıq ostsillyatsiyanın' ju'zege keliw mu'mkinshiliginin' bar ekenligin ko'rsetti.

- Barionlıq zaryadtın' saqlanıw nızamının' durıslıg'ı eksperimentte tastıyıqlandı. Protonnıń $p \rightarrow e^+ + \pi^0$ sxeması boyınsha jasaw waqıtının' shama menen $3 \cdot 10^{24}$ jıl ekenligi anıqlandı (F.Reynes). 1979-jılı bolsa 10^{30} jıldan ko'birek ekenligi ma'lim boldı. Ha'zirgi mag'lıwmatlar boyınsha (2008-jıl, sentyabr) protonnıń jasaw wakıttı 10^{32} jıldan ziyat.

- İ.Nambu nuklonnıń elektromagnit kurılısın tu'sindiriw ushın vektorlıq ω - ha'm ρ - mezonlardın' bar ekenligin boljadı. 1959-jılı usınday pikirge Dj.Fulko ha'm V.Frezerler, al 1960-jılı Dj.SHu keldi.

- IU.SHvinger a'zzi ha'm elektromagnit ta'sirlesiwlerdi biriktiriw ideyasın usındı (1958-jılı usınday biriktiriwdin' mu'mkinshiliginin' bar ekenligin SH.Gleshou, A.Salam ha'm Dj.Uordlar ko'rsetken edi).

- Dj.Louson termoyadrolıq reaktordın' energiya balansında kritikalıq noqattı alıwdın' kriteriyn keltirip shıg'ardı: temperatura $\sim 2 \cdot 10^8$ K, tıg'ızlıq $\sim 10^{-14}$ sm⁻³, jasaw waqıtı ~ 1 s (Louson kriteriyi).

- Ta'biyattag'ı awır elementlerdin' sintezinin' s- ha'm r-protsesteri dep atalatuğ'ın protsesslerde erkin neytronlardı tutıp alıw menen bolatuğ'ınlıg'ı ko'rsetildi (M. ha'm Dj.Bėrbidji, U.A.Fauler, F.Xoyl).

- 10 GeV energiyag'a arnalg'an sinxrofazotron iske tu'sti (V.İ.Veksler).

- Ushqınlı kamera islep shıg'ıldı (T.Kranshau, Dj.de Vir).

- Dj.Bardin, L.Kuper ha'm Dj.SHriffer Kuper juplarının' payda bolıw effekti tiykarında asa o'tkizgishliktin' izbe-iz mikroskopiyalıq teoriyasın do'retti (BKSH teoriyasın do'retti). 1958-jılı asa o'tkizgishliktin' mikroskopiyalıq teoriyasın N.N.Bogoliubovte do'retken edi.

- A.Pippard Fermi betinin' en' birinshi anıqlaw jumısın ornıladı ha'm mıs ushın Fermi betinin' sırtqı tu'rin ko'rsetti.

- L.V.Keldış yarım o'tkizgishlerdegi tunnellik qubılıslardın' sistemag'a tu'sirilgen teoriyasın islep shıqtı.

- A.A.Abrikosov iyrimli qurılısqa iye «aralas» hal tu'sinigin kirgiziw arqalı ekinshi a'wlad asa o'tkizgish quymalardın' magnitlik qa'siyetlerinin' teoriyasın du'zdi (Abrikosov iyrimleri).

- Qattı denenin' plazmasındag'ı vintlik turaqsızlıqtan turatuğ'ın ostsillistorlıq effektin' ashılıwı (IU.L.İvanov, S.M.Rıvkin). 1961-jılı M.Gliksman ta'repinen gaz razryadındag'ı vintlik turaqsızlıq teoriyası tiykarında tu'sindirildi (Kadomtsev- Nedospanov teoriyaları).

- L.Esaki yarım o'tkizgishlerdegi tunnelleniw qubılısın ashtı ha'm tunnellik diodtı do'retti.

- Birinshi kvant paramagnitlik ku'sheytkishi do'retildi (G.Skovil, Dj.Feer, G.Zaydel). Onın' ideyasın 1956-jılı N.Blombergen using'an edi.

- R.Kubo termodinamikalıq ten' salmaqlı ha'm kinetikalıq koeffitsnetler ushın esaplawdın' ulıwmalıq statistikalıq-mexanikalıq usılın islep shıqtı (Kubo usılı).

- K.Sigban elektron spektroskopiyasının' baslaması qaladı (ESXA usılı).
- İ.E.Dzyaloshinskiy antiferromagnetizmnin' termodinamikalıq teoriyasın du'zdi.
- Dj.Uiler geometrodinamikani du'zdi.

1958-jılı $\bar{\Lambda}^0$ anti-lyambda-nul-giperon ashıldı (M.Baldo-Sheolin, D.Praus).

1958-jılı $\pi \rightarrow e + \nu$ tuwrı o'tiwı ashıldı ha'm bul o'tiw a'zzi ta'sirlesiwler teoriyasın tolıq tastıyıqladı (Dj.SHteynberger).

- A.Abragam ha'm U.Proktor dinamikalıq yadroliq polyarizatsiyanı ashtı (solid-effekt).

- Atomlar soqlıg'ısqanda spinlik almasıwdın' ashılıwı (X.Demelt).

- A. B. Migdal ha'm V. M. Galitskiy fermi-sistemalar ushın Grin funktsiyalar usılın usındı.

- M. Goldxaber ta'repinen eksperimentte neytrininin' spirallıg'ı anıqlandı, elektronlıq neytrininin' shep vintlik spirallıqqa (Goldxaber ta'jiriybesi) ekenligi tabıldı. Keyinirek miuonlıq neytrininin' shep vintlik, al elektronlıq ha'm miuonlıq neytrinoların' on' spirallıqqa iye ekenligi tabıldı.

- İ.YA.Pomeranshuk mınaday teoremanı keltirip shıg'ardı: ju'da' joqarı energiyalarda nuklonnıń bo'lekshe ha'm antibo'lekshe menen ta'sirlesiw kese-kesimleri birdey boladı (Pomeranshuk teoreması).

- R.Mëssbauer ta'repinen «Mëssbauer effekti» dep atalatug'ın berilissiz a'melge asatug'ın yadroliq gamma-rezonanstın' ashılıwı.

- YAdronın' asa aqqısh modeli du'zildi (N.N.Bogoliubov, O.Bor, B.Mottelson, Dj.Payns).

1958-jılı R.Van de Graaf teris zaryadlang'an ionların' birinshi tandemlik tezletkishin qurdı (usı tezletkishtin' ideyası da og'an tiyisli)).

- SH.Tauns ha'm A.SHavlov lazerdin' islew printsiplin islep shıqtı.

- A.M.Proxorov, A.SHavlov ha'm R.Dikke ha'zirgi waqıtlardag'ı lazerlerde ken' tu'rde qollanılatug'ın ashıq tu'rdegi rezonatordı usındı.

- T.Stiks plazmanı qızdırıw ushın tsiklotronlıq terbelislerdi paydalanıw ideyasın usındı.

- Quwatlı joqarı jiyilikli giz razryadında joqarı temperaturalı statsionar plazmanın' payda bolatug'ınlig'inın' eksperimentte tabılıwı (P.L.Kapitsa).

- Magnit probkalı «Ogra-1» termoyadroliq ustanovkası iske tu'sti (İ.N.Golovin).

- L.V.Keldish elektr maydanının' ta'sirinde yarım o'tkizgishli kristallarda jutılıw jolaqlarının' jılısatug'ınlig'in boljadı (Keldish-Frants effekti). 1961-jılı T.Moss ta'repinen baqlandı.

- B.Mattias ferromagnit asa o'tkizgish aldı.

- V.L.Ginzburg ha'm L.P.Pitaevskiy asa aqqıshlıqtın' yarım fenomanologiyalıq teoriyasın do'retti (Ginzburg-Pitaevskiy teoriyası).

- L.P.Pitaevskiy ^3Ne din' asa aqqıshlıg'ın boljadı.

1958-59 jılları L.P.Gorkov Grin funktsiyaların' ja'rdeminde asa o'tkizgishlerdin' mikroskopiyalıq teoriyasın jetilistirdi.

1958-jılı M.Gliksman ha'm M.Stil qattı dene plazmasında pinsh-effektti taptı.

- F.Anderson ta'rtiplespen sistemalardag'ı elektronların' lokalizatsiyası haqqındag'ı ko'z-qarastı ka'liplestirdi.

- Dj.Bernal ta'repinen suyuqlıqlardıń strukturalıq teoriyasının' do'retiliwi.

- Jerdin' radiatsiyalıq belbewleri (radiatsionniy poyas) ashıldı (ishui belbewdi Dj.Van-Allen, sırtqı belbewdi S.N.Vernoe, A.E.SHudakovlar ashtı).

1959-jılı T.Redje elementar bo'lekshelerdin' shashırawın ta'riplew ushın relyativistlik emes kvant mexanikasında ha'm maydannın' kvant teoriyasında usıl islep shıqtı (Redje poliustları, Redje traektoriyaları).

- SU(3)-simmetriya keltirilip shıg'arıldı (İ.Onuki, S.Ogava, M.İkeda).

- B.M.Pontekorvo miuonlıq ha'm elektronlıq neytrininin' eksperimentte tabıwdın' ideyasın usındı. Bul ideya boyınsha neytrinolar 1962-jılı tabıldı.

- Mezoatomlardag'ı radiatsiyasız o'tiwler qubılısının' ashılıwı (B.M.Pontekorvo).

- 28 GeV energiya beretugin, da'l fokuslanatug'in protonliq sinxrofazotron iske tu'sti (TSERN, Jeneva kalasinin' qasinda³⁷).
- N.G.Basov, B.M.Vul ha'm I.U.M.Popovlar yarim o'tkizgishli lazer ideyasini usindi.
- A.S.Borovik-Romanov pezomagnit effekti ashti (1957-jili I.E.Dzyaloshinskiy ta'repinen boljap aytili).
- D.N.Astrov 1959-jili L.D.Landau, I.E.Dzyaloshinskiy ha'm E.M.Lifshits ta'repinen boljangan magnitoelektrlik effekti ashti.
- TSiklotronliq rezonanstag'i mazerler usindi (A.V.Gaponov-Grekov, D.J.Sheyder).
- Ferro-dielektriklerdegi kinetikalik, relaksatsiyalik ha'm jokari jiyilikli protsesslerdin' teoryasinin' do'retiliwi (A.I.Axiesher, V.G.Baryaxtar, S.V.Peletninskiy).
- Kondensatsiyalang'an ortaliqlardagi van-der-vaals ku'shlerinin' ulwmalik teoryasi do'retili (E.M.Lifshits, I.E.Dzyaloshinskiy, L.P.Pitaevskiy).
- 1960-jili Arqa ten'iz jili menen birinshi reys jasag'an «Lenin» birinshi atom muz jarg'ishi suwg'a tu'sirildi (A.P.Aleksandrov).
- Quwati 11,5 kVt bolg'an birinshi eksperimentallik MGD-generator iske tu'sti.
- 1960-jili $\tilde{\Sigma}^0$ anti-sigma-nul-giperon ashildi (D.J.Batton, F.Eberhard, G.Linsh, B.Maglish, G.Kalbfleish, D.J.Lanuti, L.Stivenson).
- $\tilde{\Sigma}^+$ anti-sigma-plus-giperon ashildi (E. Amaldi, K. Kostanoli, A. Manfredini).
- $\tilde{\Sigma}^-$ anti-sigma-minus-giperon ashildi (V. I. Veksler, I. V. Shuvilo ha'm basqalar).
- Rezonanslardin' massalik ashiliwi (L.Alvares). Birinshi rezonansliq bo'lekshe bolg'an pion-nuklonliq rezonansti 1952-jili E.Fermi ha'm G.Anderson baqlag'an edi.
- Ku'shli ta'sirlesiwlerdegi izospinnin' saqlaniv nizamini eksperimentte da'lillendi (A.Kriu, D.Xarting).
- Eki protonliq radioaktivlik boljandi (V.I.Goldanskiy).
- Miuniydin' payda bolivinin' tuwridan-tuwrı da'lili alindi (V.I.Uz).
- Yadrolıq molekullardin' bar ekenligi haqqindag'i birinshi da'lildin' alinıwı (E.Almkvist, D.J.Kuxner, D.Bromli).
- D.J.Sakurai vektorliq kompensatsiyalawshi maydanlar teoryasi islep shıqtı. Bul teorya birinshi $SU(2) \times U(1)$ fenomenologiyalik kalibrovkalik teorya bolip tabiladı ha'm ol mezonlardin' eki izoskalyar ha'm izovektorliq tripletlerinin' bar ekenligin boljadı.
- Da'l fokuslanatug'in, 33 GeV energiyasinda isleytug'in protonliq sinxrofazotron iske tu'sti (Brukseyven).
- Juqa plenkalarda tsilindrlik magnit domenlerinin' bar ekenliginin' ashiliwi (K.Koy, V.Ents, D.J.Katser, R.Gemperle). 1967-ijil A.Bobek olardi elektron esaplaw mashinalarında informatsiyalardi alıp beriw ha'm jazıw ushin paydalanıwdı usındı.
- Jiyiliktin' standartı sipatında ken' paydalanıwg'a erisken vodorod mazer sog'ildi (N.Ramzey).
- 1960-1961 jılları lazerlik spektroskopıyanın' baslaması do'retili (A.Shavlov, N.Blombergen).
- 1960-jili tez qozg'alıwshi neytronlarda isleytug'in İBR-1 impulslik reaktori iske tu'sti (D. I. Bloxintsev).
- Rubin kristallindag'i lazer do'retili (T.Meyman).
- Gaz lazer (geliy-neonli) lazer do'retili (A.Djavan, U.R.Bennet, D.Erriot).
- Dubno qalasinda argonnin' ionnina shekemgi ($Z = 18$) ionlardin' intensivli da'stesin alalutugin awır ionlardin' tezletkishi iske tu'sti (G.N.Flerov).
- B.B.Kadomtsev ha'm A.V.Nedospantov gaz razryadının' a'zzi ionlasqan plazmasindag'i vintlik turaqsızliq teoryasini do'retti (Kadomtsev-Nedospantov teoryasi).
- Laboratoriyalik sharayatlarda gravitatsiyalik qizilg'a awısıwdın' tabılıwı (R.Paund, D.J.Rebka).
- A.Jiver asa o'tkizgishten izolyatsiyalang'an barer arqalı basqa metallg'a toqtın' tunnellik o'tiwin ashti ha'm asa o'tkizgishli tunnellik diodti soqti.

³⁷ TSERN – yadrolıq izertlewlerdin' Evropa orayı (frantsuz tilinde Conseil Européen pour la Recherche Nukleare – CERN) – 12 Evropa ma'mleketlerinin' ilim-izertlew ma'kemesi.

-A.A.Abrikozov ha'm L.P.Gorkov ishinde magnit atomlar bar asa o'tkizgishlarning teoriyasini islep shiqti ha'm 1962-jili F.Rayf ha'm M.Volf ta'repinen ashilgan san'laqsiz o'tkizgishlik qubilisini bo'ljadi.

- I. M.Lifshits ta'repinen kvant tsiklotronlik rezonansining bo'lanishi.

- Qattiq deneler plazmasidagi gelikonlarning ashilishi (P.Egren, O.V.Konstantinov, V.N.Perel).

1961-jili M.Gell-Mann ha'm I.U.Neeman barliq ku'shti ta'sirlesetugun bo'leksheler ha'm olarning ta'sirlesiwleri SU(3) simmetriyasini qanaatlandiratuqligini bo'ljadi ha'm ku'shli ta'sirlesetugun bo'lekshelerding klassifikatsiyasini usindi (Gell-Mann-Neeman modeli).

-Vektorliq mezonlar ashildi: ω -mezon (L.Alvares, A.Rozenfell, A.Pevzner), ρ -mezon (A.Ervin), η -mezon (A.Pevzner).

- \tilde{K}^0 -mezon ashildi (V. Fitsh).

- Dj.Goldstoun simmetriyaning spontan buzilishi ideyasini paydalanip gipotezaliq massaga iye emes bo'leksheni kirgizdi (goldstoun bozoni) ha'm simmetriyaning buzilishining tipini aniqlaw ushuni a'hmiyetli bolgan teoremani keltirip shig'ardi (Goldstoun teorema). Bul teoremaning uliwmalik matematikaliq dalili 1962-jili Dj.Goldstoun, A.Salam ha'm S.Vaynberg berdi.

- Dj.SHu butstrap gipotezasini usindi.

- 12-aprel ku'ni «Vostok-1» kosmosliq korablde adamning kosmosqa tabisli tu'rde ushishi a'melge asirildi (I.U.A.Gagarin).

- 1000 GeV energiyada isleytugun kibernetikaliq tezletkishtin tiykarina jatkarilatugun avtokorreksiya printsipi usindi (A.L.Mints).

- Kristallarda jaqtiliqtin jiyiligin ekiletiw effekti (effekt udvoeniya shastoti sveta v kristallax) ashildi (rubin lazerding qizil jaqtiligining kvarts kristallidan o'tiw barisida ultrafiyoleto nurg'a aylanishi) (P. Fraiken). Bul ashilish sızıqlı emes optikaning tuwiliwınan derek berdi. Optikadagi sızıqlı emes effektı 1923-jılı S.İ.Vavilov ha'm V.L.Levshinler baqlag'an edi.

- Jaqtılıqtin eki fotonliq jutılıwının ashilishi (V.Kayzer, SH.Garret).

- Plazmaning elektr tog'i menen turbulentslik qizilwının ha'm qarsilig'ının anomal tu'rde o'siw qubilisı tabildi (E.K.Zavoyskiy, L.İ.Rudakov, YA.B.Faynberg ha'm basqalar).

- Joqari temperaturali plazmani fokuslang'an lazer nurining ja'rdeminde aliw ideyası usindi (lazerlik termoyadroliq sintez) (N.G.Basov, O.N.Kroxin).

- Jin'ishke asa o'tkizgish tsilindr ishine tutup alinatugun magnit ag'isining kvantlanish qubilisı tasdiqlandi (U.Diaver, U.Ferbenk, R.Doll, M.Nebauer). 1950-jili F.London ta'repinen bo'ljandi.

- Magnitlik-fononliq rezonansning bo'lanishi (V.L.Gurevish, I.U.A.Firson, M.İ.Klinger). 1963-jili S.Puri ha'm T.Djeball ta'repinen ashildi.

- L.A.Rivlin yadroliq gamma-o'tiwde isleytugun lazerding (gamma-lazerding yamasa gazerding) printsipialliq mumkinshiligin birinshilerden bolip karap shiqti.

- G.A.Askaryan ta'repinen elektromagnit nurlarning o'zinshe fokuslanish effektining bo'lanishi. 1966-jili ol teoriyalik jollar menen ses, ultrases ha'i pipersekslik toqlınlarning o'zinshe fokuslanatug'ınlıg'ın teoriyalik jollar menen ko'rsetti.

- Magnit yarım otkizgishlarning ashilishi.

- Gravitatsiyaning skalyar-tenzorliq teoriyası islep shig'ildi (R.Dikke, K.Brans).

- Quwath asa o'tkizgish magnitler do'retili (Dj.Kiuntsler).

- Birinshi segnetomagnetiktin (ferromagnetiktin) alinishi (G.A.Smolenskiy).

- Kristallardagi ultra ses toqlınlarning ku'sheyiw effektining ashilishi (A.Xatson, Dj.Makfi, D.Uayt).

1962-jili \tilde{E}^- anti-ksi-minus-giperon ashildi (X. Bardi, B. Kulvik, U. B. Fauler ha'm basqalar).

- Eksperimentte neytrinning eki tipining bar ekenligi dalillendi (elektronliq ha'm miuonliq neytrinolar, L.Lederman, M.Shvarts, Dj.Shteynberger).

- A'zzi ta'sirlesiwdegi vektorliq toqlarning saqlanish nizamı ashildi (I.U.D.Prokoshkin). Bul nizam TS.By ta'repinen de ashildi. 1955-jili YA.B.Zeldovich ha'm S.S.Gershteyn ta'repinen teoriyalik tiykarda bo'ljang'an.

- Ornıqlı emes halda (nestabilnoe sostoyanie) turg'an atom yadrolarining spontan bo'linishi ashildi (G.N.Flerov ha'm basqalar).

- M.Gell-Mann ta'repinen Ω^- omega-minus-giperonnin' boljap aytiliwi.
- Keshigiwshi protonlardi shig'ariv qubilisinin' ashiliwi (V.A.Karnauxov, G.M.Ter-Akopyan, V.G.Subbotin).
- Polyarizatsiyalang'an proton nishananin' do'retiliwi (A.Abragam).
- 1954-jili Sovetler Soiuvi ilimpazlari ta'repinen boljap aytilg'an yarim o'tkizgishli lazer do'retili (B.Leks, U.Dumke, M.Neten ha'm basqalar). 1963-jili yarim o'tkizgishli lazer SSSRda da do'retili (B.M.Vul ha'm basqalar).
- Ha'r qiyli eki lazerdin' nurlarinin' aralasiwi a'melge asirildi (P.Franken).
- Jaqtılıqtın' gigant impulsin beretugin modulyatsiyalang'an to'zimlikke iye (modulirovannaya dobrotnost) lazer do'retili (F.Mak-Klang, R.Xelluort).
- Optikalıq diapazonda elektromagnit to'lıqlarin parametrlik ku'sheytıw ha'm generatsiyalawdin' printsipi usınıldı ha'm islep shıg'ıldı (S.A.Axmanov, R.V.Xoxlov, R.Kingston, N.Kroll).
- Jaqtılıqtın' ma'jbu'riy kombinatsiyalıq shashırawı ashıldı (E.Vudberi, U.Ng). Bul qubılıstın' teoriyasın sol jili N.Blombergen ha'm 1963-jili R.V.Xoxlov islep shıqtı.
- I.U.M.Denisiuk qalın' qatlamli fotografiyalıq emulsiyalardi golografiyalıq jazıwları orınlawdı usındı (Denisiuk gologrammaları). Usınday gologrammalarda aling'an su'wretler ko'lemli ha'm ren'ligi manan ayrıldı.
- 1962-64 jılları golografiyada lazer nurının' paydalanılıwı gologrammalardın' kollanılıw mu'mkinshiliklerin ku'shli ken'eytti (E.Leyt, Dj.Upatnieks).
- 1962-jili B.Djozefson tunnelleniwdin' jan'a tipin ha'm sonın' menen baylanisli bir katar effektti boljadı (Djozefson tunnelleniwi).
- 1960-jili A. A. Abrikosov ha'm L. P. Gorkov ta'repinen boljap aytilg'an magnit aralaspasının' ta'sirinde ju'zege kelgen san'laqsız asa o'tkizgishtin' baqlanıwı (F.Rayf, M.Volf).
- 1963-jili Ξ^0 anti-ksi-nul-giperon ashıldı (S.Belti, S.Sendvays, X.Taft, B.Kulvik, U.B.Fauler).
- Eksperimentte pionlardın' qos qaytadan zaryadlanıwı tabıldı (S.A.Bunyatkov, V.M.Sidorov, I.U.N.Batusov, V.A.YArba).
- N.Kabibbo a'zzi ta'sirlesiw teoriyası V-A nı tan' qalarlıq bo'leksheler qatnasatugin protsesslerge qollandı (Kabibbo teoriyası).
- 1963-65 jallıra ushırasıwshi da'sterlerde isleytug'in birinshi tezletkishler qurıldı (G.I.Budker ha'm basqalar).
- 1963-66-jılları 102-elementtin' bir katar izotopları sintezlendi (G.N.Flerov).
- 1963-jili qos giperıyadronın' ashılıwı (M.Danish, E.Pnevskiy).
- Gazdin' optikalıq proboyı qubılısı ashıldı (P.Meyker, R.Terxiun, K.Sevidj). 1967-jili N.G.Basov xızmetkerleri menen birge eki metrlik uzınlıqqa iye ushqındı baqladı (uzın optikalıq prlboy), 1976-jili bolsa uzınlıg'ı 60 metrlik ushqın alındı.
- Jaqtılıq-gidravlikalıq effekt ashıldı – kvant generatorının' jaqtılıq nurı suyıqlıqtın' ishinde jutılğanda gidravlikalıq soqqı impulsinin' payda bolıwı qubılısı (A.M.Proxorov, G.A.Askaryan, G.P.SHipulo).
- Joqarı da'llikte elektronın' g-faktori anıqlandı (D.Uilkinson, G.Kreyn).
- Kristallardag'ı bo'lekshelerdin' kanallanıw effekti ashıldı (R.Nelson, M.Tompson).
- Plazmanın' dreyflik-tsiklotronlıq ornıqsızlıg'ı tabıldı (A.B.Mixaylovskiy, A.V.Timofeev). Bul qubılısı 1966-jili R. Post ha'm M. Roshenbliutler ta'repinen qarap shıg'ıldı.
- F.Anderson ha'm Dj.Rouell eksperimentte Djozefsonnın' statsionar effektin taptı.
- Dj.Gann ku'shli elektr maydanında galliy arsenidi ha'm indiy fosfidi kristallarında asa joqarı jiyiliktegi nurlanıwdın' generatsiyalanatug'inlig'in ashtı (Gann effekti).
- Elektr tog'in juqa metalla plenkası arqalı o'tkergende elektronlardın' salqın emissiyasının' bolatug'inlig'in ashtı (P.G.Borzyak, O.G.Sarbey, R.D.Fedorovich).
- Magnitlik-fononlıq rezonanstın' eksperimentte baqlanıwı (S.Puri, T.Djeball). 1961-jili V.L.Gurevish, I.U.A.Firsov ha'm M.I.Klinger ta'repinen boljang'an edi.
- B.G.Lazarev 1960-jili I.M.Lifshits ta'repinen boljap aytilgan $2\frac{1}{2}$ -a'wlad fazalıq o'tiwin taptı.

1964-jılı omega-minus-giperon ashıldı (N.Samios ha'm basqalar), 1962-jılı M. Gell-Mann ta'repinen boljang'an).

- Kvarkler gipotezası usınıldı (M.Gell-Mann, Dj.TSveyg).

- P.Xiggs simmetriyanın' spontan buzılıwının' saldarınan vektorlıq bozonlardin' massasının' payda bolıw mexanizmin usındı (Xiggs mexanizmi). 1967-jılı tap usınday mexanizmdi T.Kibblde using'an edi. Xiggs mexanizmi kalibrovkalıq maydanlar teoriyasının' tiykarın quraydı.

- $K_2^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ ıdırawında kombinatsiyalang'an juplıqtın' saqlanbaytug'ınlıg'ı eksperimentte tabıldı (SR-invariantlıqtın' buzılıwı, Dj.Kristenson, Dj.Kronin, V.Fitsh, R.Tarley).

1964-64 jılları eksperimentlerde ν_μ ha'm $\bar{\nu}_\mu$ bo'lekshelerinin' ha'r qıylı bo'leksheler ekenligi tastıyıqlandı.

1964-jılı 104-element – kurshatoviy sintezlendi (G.N.Flerov).

- «A'jayıp»³⁸ (osharovaniya) atlı jan'a kvant sanının' kirgiziliwi (Dj.Bërken, SH.Gleshou). 1964-65 jılları

- «Ren'» (tsvet) dep atalıwshı jan'a kvant sanının' kirgiziliwi (N.N.Bogoliubov, B.V.Struminskiy, A.N.Tavxelidze, İ.Nambu, M.Xan, İ.Miyamoto).

- A. Pays, L. Radikati ha'm F. Giursey SU(6)-simmetriyanın' sxemasın usındı.

1964-jılı yadrodag'ı ken'isliktegi juplıg'ın saqlamaytug'ın nuklonlar arasında a'zzi ta'sirlesiwidin' ornı alatug'ınlıg'ı eksperimentte da'lillendi (IU.G.Abov, P.A.Krupshinskiy, V.M.Lobashev).

- 14-avgust ku'ni yadrolıq energiyanı tikkeley elektr energiyasına aylandıratug'ın «Romashka» dep atalatug'ın du'nyadag'ı birinshi ustanovka paydalanıwıg'a tapsırıldı (M.D.Millionııkov).

- Ko'mir qıshqıl gazdegi lazer (molekulalıq lazer) do'retildi (K.Patel).

- İonlıq lazer do'retildi (U. Bridjes ha'm basqalar).

- Statsionar emes Djozefson effektinin' – Djozefson elektromagnit nurlanıwının' baqlanıwı (İ.K.YAnson, V.M.Svistunov, İ.M.Dmitrenko). Bul effekti 1965-jılı A.Jiver de baqladı.

- Akustikalıq magnitoelektrlik effekt ashıldı (A.A.Grinberg, IU.V.Gulyaev, A.P.Koroliuk).

- İ.K.Kikoin ta'repinen fotopezoelektrlik effektin' ashılıwı.

- Fotonlıq jan'g'ırırq (exo) effektinin' ashılıwı (N. Kurnit ha'm basqalar).

- R.Dike ekvivalentlik printsipin 10^{-11} ge shekemgi da'llikte da'lilledi.

- Brilliuen-Mandelshtamnın' ma'jbu'riy shashırawının' ashılıwı (SH.Tauns, B.Stoyshev, R.SHiao).

- Kondo effektinin' teoriiyası do'retildi (Dj.Kondo).

- Suyıqlıqlardagı ma'jbu'riy qos nur sıdırıw effektinin' ashılıwı (F.Jir, Dj.Meyer). 1958-jılı A.Pekar ha'm S.Kelix ta'repinen boljap ayıldı.

1964-65 jılları Dj.Strouk Fure golografiyasın islep shıqtı ha'm gologrifiyalıq spektroskopiyanın' tiykarın saldı.

1965-jılı reliktiv (mikrotolqınlıq) nurlanıw bolg'an «jas» A'lemnin' evoliutsiyasının' en' baslang'ısh stadiyasındag'ı nurlanıw tabıldı (A.Penzias, R.V.Vilson)³⁹.

- Joqarı energiyag'a iye gamma-kvanttın' «proton - antiproton» jubına aylanıwı baqlandı.

- M.Xan ha'm İ.Nambu pu'tin sanlı zaryadlarg'a iye kvarklerdin' u'sh tripletine tiykarlang'an ku'shti ta'sirlesiwidin' sxemasın du'zdi (Xan-Nambu modeli).

- Antiproton menen antineytronnın' baylanısqa xalına sa'ykes keletugın birnshi antiyadro (antideytron) sintezlendi (L.Lederman).

- ²⁵⁶103 izotopı sintezlendi (G.N.Flerov).

- Ximiyalıq lazer do'retildi (Dj.Kasper, Dj.Pimentel).

- Jiyilikleri boyınsha

Jiyilik boyınsha o'zgeritetug'ın jaqtılıqtın' parametrik generatorları du'zildi (S.A.Axmanov, R.V.Xoxlov ha'm basqalar).

³⁸ «Osharovaniya» kvant sanı qaraqalpaq tiline «a'jayıp» dep, al «strannost» kvant sanı «tan' kalarlıq» dep awdarıldı.

³⁹ Usı ashılıw ushın A.Penzias ha'm R.V.Vilsonlar 1968-jılı xalıq aralıq Nobel sıylıg'ın alıwıg'a miyasar boldı.

- Jaqtılıq tolqınının' o'zinshe fokuslanıw qubılısı ashıldı (N.F.Pilipetskiy, A.R.Rustamov).
- Spin-magnitofoton rezonansının' baqlanıwı (İ.M.TSidilkovski, M.M.Akselrod, B.İ.Sokolov).
- Faradeyding' kerı effektinin' (intensivli tsirkulyatsiyalang'an-polyarizatsiyalang'an nurlanıwda turg'an mo'ldir denenin' magnitleniwi) tabılıwı (Dj.Xall ha'm basqalar).
- Fononlardın' qatnasıwı menen ju'retug'm tunnelleniwdin' baqlanıwı (İ.Goldsteyn, B.Abeles, E.Leks, F.Vernoy).
- İU.V.SHarvin asa o'tkizgishlerdin' dinamikalıq aralıqlıq halın taptı.
- Djozefsonnıń' asa o'tkizgishlik o'tiwleri do'retildi (D. Langenberg ha'm basqalar).
- X.Kogelnik jazıp alıwdın' ha'm tolqınlıq frotttı qa'lpine keltiriw usılın islep shıqtı.
- 1965-70 jılları R.Penrouz ha'm S.Xokingler A'lemde singulyarlıqtın' orın alatug'ınlg'ın da'lliledi⁴⁰.
- 1966-jılı İ.Nambu pu'tin zaoyadlang'an kvarkler modeli sheklerinde ren'li tiasirlesiw tu'sinigin kirgizdi ha'm kvant xromodinamikasınıń' baslaması saldı. Bul jumıs bunnan keyin M.Gell-Mannın', S.Vaynbergtin' ha'm basqalardıń' jumıslarında rawajlandırıldı.
- V.M.Strutinskiy kvazistatsionar hallarda ku'shli deformatsiyalang'an atom yadrolarının' payda bolatug'ınlg'ın teoriyalıq jollar menen da'lliledi.
- Stanford qalasında 22 GeV energiya ushın arnalg'an elektronlardın' sıziqlı tezletkishi iske tu'sti (V.Panovskiy).
- A.M.Proxorov quwatlı gaz lazerdin' jan'a tipi bolg'an gazodinamikalıq lazerdi iske tu'sirdi.
- Ultraqısqa (10^{-12} sekundlıq) jaqtılıq impulslerin beretug'm lazer sog'ıldı (A.De-Maria, D.Stetser, G.Xeynau).
- Boyaw zatlarındag'ı lazer do'retildi (P.Sorokin, Dj.Lankard).
- Spin este saqlawı (spinovaya pamyat) effekti tabıldı (K.Anderson, E.Sabiskiy).
- Dipollik molekullarda paraelektrik rezonanstın' ashılıwı (U.Bron, R.Dreyfus ha'm basqalar).
- 1964-jılı U.Kunom ha'm F.Leti ta'repinen boljap ayıldı.
- 1967-jılı S.Vaynberg (A. Salamnan g'a'rezsiz, 1968) a'zı ha'm elektromagnit ta'sirlesiwlerdin' birlestirilgen (biriktirilgen) teoriyasın islep shıqtı (Vaynberg-Salam teoriyası).
- İnkliuzivlik reaksiyalar dep atalatug'm ko'p bo'leksheler katnasatug'm protsesselerdin' jan'a klassının' izertlew ushın kirgiziliwi (A.A.Logunov, Nguen Van Xeu).
- 76 GeV znergiya beriwshi qatan' fokuslawshı proton tezletkish paydalanıwg'a tapsırıldı (Serpuxov qalası).
- 1967-68 jılları toroidallıq magnit tutqışlarında uslap turılatug'm plazmadag'ı bo'leksheler menen energiyanın' o'tiwidin' neoklassikalıq (jan'a klassikalıq) teoriyası islep shıg'ıldı (R.Z.Sagdeev, A.A.Galeev).
- 1967-jılı N.Ramzey neytronnıń' elektrlik dipol momentin anıqladı.
- Pionlıq ha'm kaonlıq mezoatomlardın' tabılıwı.
- Sovetler Soıuzında stellarator tipindegi «Uragan» termoyadrolıq ustanovkası iske tu'sti.
- Fotopastikalıq effektin' ashılıwı (İU.A.Osipyan⁴¹, İrina Savshenko).
- F.Anderson vituallıq baylanısqan hallar ko'z-qaraslarında turıp metallardag'ı lokalıq momentler modelin do'retti (Anderson modeli).
- Pulsarlardıń' ashılıwı (A.Xiush, J.Bell).
- 1968-jılı ultrasalqın neytronlardın' alınıwı (F.L.SHapiro).
- «Tokamak-4» ustanovkasında birinshi termoyadrolıq neytronlardın' payda bolatug'ınlg'ı registratsiyalandı (L.A.Artsimovich).
- Litiy deyteridinin' islengen qattı nıshanag'a lazer nurı kelip tu'skende plazmadan neytronlardın' payda bolg'anlg'ı esapqa alındı (N.G.Basov).
- E.K.Zavoyskiy relyativistlik elektronlıq da'stelerdin' ja'rdeminde termoyadrolıq sintezdin' ju'riw mu'mkinshiligin ko'rsetti (usınday ideyanı E.K.Zavoyskiyden g'a'rezsiz U.X.Bennette usındı).

⁴⁰ Eger Eynstennin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası durıs bolsa singulyarlıq orın aladı.

⁴¹ Belgili ilimpaz İUriy Andreevish Osipyan 2008-jılı 10-sentyabr ku'ni 78 jısına qarag'anda qaytı boldı.

- Elementar bo'leksheler fizikasida dualliq kontseptsiyasi keltirilip shig'arildi (D.Xorn ha'm basqalar).
- L.V.Keldish elektronlardin' elektron-tesiklik tamshilardın' payda bolıyay menen kondensatsiyalanatug'inlig'in boljadi.
- Pulsarlardin' aylanıwshı juldızlar bolıp tabılatug'inlig'ı anıqlandı (T. Gold).
- 1969-jılı R.Feynman ta'repinen nuklonnın' parton modeli usınıldı.
- Aydın' betine adamlardin' qonıwı a'melge asırıldı. 21-iiul ku'ni «Apollon-11» kosmos korablinin' astronavlari (kosmonavlari) N. Armstrong ha'm E. Oldrin ay topırag'ına tu'sti.
- I.U.SHvinger dionlar gipotezasın usındı.
- Eksperimentte joqarı energiyalarda ku'shli ta'sirlesiwlerdin' masshtablıq invariantlıg'ı (skeyling) tabıldı (A.A.Logunov, I.U.D.Prokoshkin; E.Blum). Masshtablıq invariantlıq Dj.Brërken ha'm R.Feynman ta'repinen de boljandı.
- Gamma-magnitlik rezonans baqlandı (L.Pfayfer ha'm basqalar).
- İ.M.Lifshits ha'm A.F.Andreev kvantlıq kristallar (kvant kristalları) dep atalatug'in kristallardin' jan'a tipleri haqqındag'ı ko'z-qaraslardı rawajlandırdı.
- Primesonlar yamasa massanın' fluktuatsiyalar tolqını tu'siniginin' kirgiziliwi ha'm kvant kristallarındag'ı kvant diffuziyasının' boljanıwı (İ.M.Lifshits, A.F.Andreev).
- 1970-jılı SH.Gleshou, Dj.İliopulos ha'm L.Mayani Vaynberg-Salamnın' a'zzi ha'm elektromagnit ta'sirlesiw teoriyasın a'jayıp kvaklerdi kirgiziw arqalı modifikatsiyaladı ha'm supermultipletlerdegi adronlar semeystvoların ko'rsetiw ushın sxemalar du'zdi.
- Eki fotonlı rezonanslardın' bolljanıwı (V.P.SHebotaev).
- Giperonlıq ha'm antigaperonlıq atomlardin' payda bolatug'inlig'ı haqqında isenimli da'liller alındı (Dj.Bakenshtoss).
- Protonlıq radioaktivlik tabıldı (Dj.SHerni), bunday radioaktivlik B.S.Djelepov ta'repinen boljap aytilg'an edi.
- A.Abragam ha'm basqalar yadrolıq antiferromagnitlik haldı baqladı.
- Antigeliy-3 tin' yadrolarının' payda bolıwı ha'm ıdırayay tabıldı (I.U.D.Prokoshkin).
- Protonnın' ishki qurılısı haqqındag'ı ideyalar eksperimentte tuwrıdan-tuwrı da'lillendi. Bunday qurılıs protonlardin' elektronlar menen ta'sir etisiwinde ko'rindi.
- 105-element sintezlendi (G.N.Flerov).
- Skannerlewshi elektron mikroskopının' ja'rdeminde ayırım atomlardin' baqlanıwı.
- Antiferromagnetiklerde termodinamikalıq jaqtan ornıqlı bolg'an domenlik qurılıs baqlandı (V.G.Baryaxtar, A.A.Galkin, V.V.Eremenko).
- 1971-jılı anti-omega-giperon ashıldı (A.Faystoun ha'm basqalar).
- G.t'Xooft spontan buzılg'an abellik emes kalibrovkalıq teoriyanın' qaytadan normirovkalanatug'inlig'inın' birinshi da'lillin berdi. 1972-jılı usınday da'llilew G.G.t'Xooft, , M. Veltman, B.Li ha'm J.Zinn-Jiusten ta'repinen jawmaqlandı.
- Ku'shli ta'sirlesiwlerdin' tolıq kesimlerinin' energiyalıq g'a'rezligindegi nızamlıq (Serpuxov effekti) eksperimentte tabıldı - serpuxovskiy effekt (I.U.D.Prokoshkin ha'm basqalar).
- 31 GeV energiyada ushırasıwshı pp —da'stelerinde isleytug'in tezletkish paydalanıwg'a berildi (Jeneva qalası).
- SH.D.Kakishashvili ta'repinen eksperimentte 1973-jılı boljap aytilgan elektromagnit maydannın' su'wretin tiklew qubılısı baqlandı. Bul qubılıs polarizatsiyalıq gologrifiyanın' tiykarında jatadı.
- Ku'shli magnit tmaydanı ta'repinen jan'a magnit hallarının' qaytımsız tu'rde payda etiletug'inlig'ı effekti ashıldı (A.A.Galkin, E.A.Zavatskiy).
- 1972-jılı Bataviyada (FNAL) 200 GeV energiyag'a mo'lsherlengen proton sinxrotronı iske tu'sti (R.R.Vilson). 1976-jılı tezletilgen protonlardin' energiyası 500 GeV ke shekem jetkerildi.

1972-74 jılları supersimmetriya⁴² kontseptsiyası kirgizildi (D.V.Volkov, B.Zumino ha'm basqalar).

- Ku'shl, elektromagnit ha'm a'zzi baylanıslardıń modelleri usınıldı (Dj.Pati, A.Salam, G.Djordji, SH.Gleshou, L.V.Proxorov).

1972-jılı kvant kristallarındaǵı kvant diffuziyası ashıldı (V.N.Grigorev ha'm B.N. Eselson, M.Risharde, Dj.Poup ha'm A.Vaydem).

- K.Vilson statistikalıq fizikada renormalizatsiyalang'an topar (gruppa) usılın qollanıp onıń teoriyasın do'retti.

- ³Ne nin' asa aqqıshlıǵı ashıldı (D.Osheroff, R.Rishardson, D.Li). 1958-jılı L.P.Pitaevskiy ta'repinen boljap ayılǵ'an edi.

1973-jılı gliuonlar gipotezası ashıldı (M. Gell-Mann, S. Vaynberg, A. Salam ha'm basqalar).

- Neytral toqlar ashıldı (F.Xazert ha'm basqalar). 1937-jılı Dj.Gamov, E.Teller, N.Kemmer ha'm G. Venttsel, 1958-jılı S.Bladmen ha'm Dj.Leyte-Lopes ta'repinen boljap ayılǵ'an edi.

- Miulonlıq neytrino menen neytron ta'sir etiskende en' aqırǵı halda eki neytrino ha'm neytrino menen ju'zege keletug'ın waqıyalar bolǵ'an dimiulonlıq waqıyalardıń ashılıwı (FNAL).

- Miulonlıq antineytrino $\bar{\nu}_\mu$ dın' ashılıwı.

- D.Politser, D.Gross ha'm F.Vilshak asimptotalıq erkinlikni ashtı (bazı bir kalibrovkalıq-invariantlıq teoriyalardaǵı ku'shli ta'sirlesiwdin' kernewligi energiyanın' o'siwi menen kemeyiwi).

- En' jaqarı kritikalıq temperaturag'a iye (23,2 K) asa o'tkizgish (Nb₃Ge) ashıldı⁴³.

1974-jılı psi-bo'lekshesinin' (J/ ψ -mezonlardın') ashılıwı (S.Ting, B.Rixter). Bunday bo'leksheler kvark penen onıń antkvarkinin' baylanısqa halı bolıp tabıladı.

- 106-element sintezlengen (G.N.Flerov).

- Antitritiydin' yadroları sintezlengen.

- Baylanısqa nuklonlar menen antinuklonlardan turatug'ın kvaziadrolar ashıldı. 1970-jılı İ.S.SHapiro ta'repinen boljap ayılǵ'an.

- A.M.Baldin relyativistik yadrolar bir biri menen soqlıǵısqanda kumulyativ effektin' orn alatug'inlig'in ashtı.

- S.Xoking qara qurdımlardıń gorizontında bo'lekshelerdin' kvantlıq tuwılıwın boljadı (Xoking effekti).

1975-jılı a'jayıp kvark penen antikvarkın' baylanısqa sisteması bolǵ'an sharmoniy ashıldı (T.Appelkvist, D.Politser, SH.Gleshou, A.de-Ruxula). Onıń fizikalıq realizatsiyası psi-bo'leksheler bolıp tabıladı.

- Awır lepton bolǵ'an τ -lepton ashıldı (M.Perl).

- Leptonlıq neytrino ν_τ , ha'm antineytrino $\bar{\nu}_\tau$ ashıldı (M. Perl).

- e^+e^- annigilyatsiyasında (elektron menen protonnıń annigilyatsiyasında) adronlıq struyanın' (ag'ıstın') ashılıwı ($e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$ protsessinde kvarklerdin' «fragmentleniwi» na'tiyjesinde adronlardın' jin'ishke da'stesinin' alınıwı. Bul kvarklerdin' bar ekenliginin' janapay tastıyıqlanıwı bolıp tabıladı) (G.Xanson ha'm basqalar).

- «Tokamak-10» ha'm PLT termoyadrolıq ustanovkalarınnıń jan'a a'wladının' iske tu'siriliwi

1976-jılı a'jayıp barionlar menen antibarionlardın' ashılıwı.

- A'jayıp kvarkten ha'm tan' kalarlıq emes antikvarkten turatug'ın a'jayıp neytral ha'm zaryadlang'an D-mezonlardın' ashılıwı (G.Goldxaber ha'm basqalar).

- 107-elementin' sintezi haqqında mag'lıwmatlar alındı (G.N.Flerov).

- M. SHvarts pioniydi ashtı (pioniy π_μ lardıń baylanısqa halı).

- 400 GeV lik SPS protonlıq sinxrotron iske tu'sti (Jeneva).

1977-jılı ipsilon bo'lekshelerdin' ashılıwı (L.Lederman).

- A'jayıp F-mezonlarınnıń ashılıwı. Bunday mezonlar a'jayıp kvark penen tan' qalarlıq antikvarkten turadı (R. Brandelik ha'm basqalar).

⁴² Supersimmetriya (Fermi-Boze simmetriyası) kvantları pu'tin spinge iye maydandı kvantları yarım pu'tin spinge iye maydanlar arasındaǵı simmetriya (bozonlar ha'm fermionlar arasındaǵı simmetriya).

⁴³ 1986-jıldan baslap joqarı temperaturalı asa o'tkizgishler (kritikalıq temperaturası azottın' kaytaw temperaturası 77,4 K nen joqarı) ashıla basladı.

- Atomlardag'ı ha'm neytral toqlarg'a baylanisli elektronlardın' nuklonlar menen a'zzi ta'sirlesiwlerindegi juplıqtın' saqlanbaytug'ınlıg'ının' aqlanıwı (L.M.Barkov, M.S.Zolotarev).

- 19 GeV energiyada ushırasıwshı e^+e^- da'stelerinde isleytug'ın PETRA teztetkishi iske tu'sti (Gamburg qalası).

1979-jılı RETRA teztetkishinde e^+e^- da'stelerinin' annigilyatsiyasındag'ı $e^+e^- \rightarrow q\bar{q}$ ha'm $Y \rightarrow 3g$ protsesslerinde gliuonlar ag'ıslarının' (struyaların'ın) alınıwı (K.Berger, T.Nieman, G.Volf). Kvarkler arasındag'ı ta'sirlesiwdi ta'siyinlewshı gliuonlardın' bar ekenligi haqqındag'ı janapay tastıyıqlawdın' alınıwı.

1980-jılı neytrinoda nollik emes massanın' bar ekneligi haqqındag'ı mag'lıwmatlar alındı (V.A.Liubimov, E.G.Novikov, V.Z.Noziq, E.F.Tretyakov, V.S.Kozik).

1981-jılı «go'zzal» bo'lekshelerdin' bar ekenligi haqqındag'ı birinshi mag'lıwmatlar alındı.

- TSERN de (Jeneva kalası) 62 ha'm 600 GeV energiyag'a mo'lsherlengen ushırasıwshı proton-antiproton dastelerinde isleytug'ın birinshi du'ziris (teztetkish) iske tu'sti⁴⁴.

1983-jılı TSERN de (Jeneva kalası) aralıqlıq (promejutoshniy) W-bozon ashıldı (K.Rubbia ha'm basqalar.).

Xronologiya boyınsha bazı bir juwmaqlar

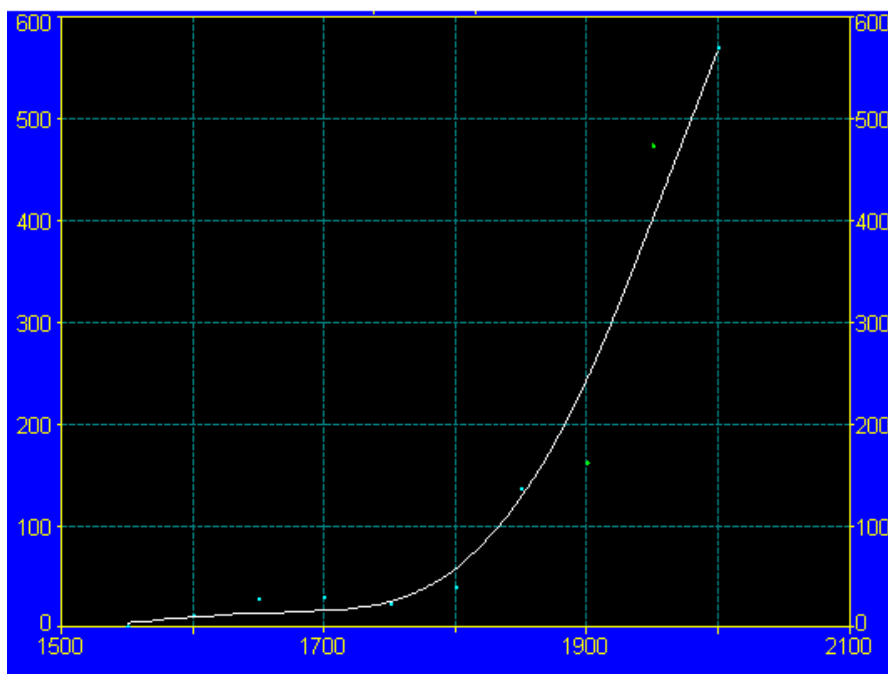
Biz joqarıda keltirilgen xronologiya boyınsha keltirilgen na'tiyjelerden bir qansha jan'a mag'lıwmatlar alıwg'a tırsamız. Usınday maqsette fizika ilimi boyınsha aling'an jan'alıqlardın' sanın matematikalıq jaqtan qayta isleyemiz.

A'piwayılıq ushın ha'm 50 jıldag'ı ju'z bergen jan'alıqlardın' sanın alamız:

Jıllar	Jan'alıqlar sanı
1501-1550	2
1551-1600	12
1601-1650	28
1651-1700	31
1701-1750	24
1751-1800	40
1801-1850	136
1851-1900	162
1901-1950	570

Bul mag'lıwmatlardı TableCurbe 2D v5.01.01 programmasına beremiz ha'm to'mendegidey grafik alamız:

⁴⁴ TSERN Jeneva (SHveytsariya) qalası janındag'ı elementar bo'leksheler fizikası boyınsha xalıq aralıq ilim-izertlew orayı bolıp tabıladı.



Bul grafikte gorizont bag'ıtındag'ı ko'sherge jıllar, al vertikal bag'ıttag'ı ko'sherge jan'alıqlar sanı berilgen. Eger grafike itibar berip qarasaq ilimiy ashılıwların' 1750-jıllardan baslap janlang'anın, al XIX a'sirdin' ortalarınan baslap u'ken tezlik alg'anlıg'ın ko'riwge boladı. Eger ilimiy ashılıwlarda usınday rawajlanıw orın alsa, onda 2100-jıllarg'a kele har 50 jılda qolg'a kirgiziletug'ın ilimiy jan'alıqlardıń sanı 900 den asıp ketedi.

2-§. Fizikalıq bilimlerdin' payda bolıwı

A'yyemgi da'wirler. Adam o'zin qorshap turg'an du'nya haqqındag'ı bilimlerdi jasaw ushın bolg'an og'ada qatan' gu'restin' na'tiyjesinde aldı. Usınday gu'restin' barısında adam o'zinin' uzıqtıg'ı ata-babaları bolg'an haywanlardan ayrılıp shıqtı, onın' qolları rawajlandı ha'm intellekt sıpanıta qa'liplesti. Qorg'anıw ha'm tamaq tabıw za'ru'rliginde tayaqlar menen taslardı tosınnan ha'm ha'm sanasız paydalanıw a'stelik penen a'piwayı qurallardıń payda bolıwına alıp keldi. Waqıttın' o'tiwi menen bul a'piwayı qurallar jetilistirildi, taslar kesiwshi qurallarg'a aylandırıldı, awqat ushın haywanlardı awlaw, balıq uslaw qurallarına aylandırıldı. Ottan paydalanıwdı u'yreniw adamzattın' og'ada ullı jetiskenliklerinin' biri bolıp tabıladı.

Bir neshe mın'lag'an jıllar dawamında adamlarda sana qa'liplese basladı, na'tiyjede a'yyemgi adamlarda bir birine ım qag'ıw, basqa da sesler shıg'arıw, ha'reketler ko'rsetiw jolı menen informatsiya beriw qa'bitletligi payda boldı. Usının' na'tiyjesinde a'tirapta bolıp atırg'an qubılıslardı da'slerki tu'sindiriwler (bunday tu'sindiriwlerdi antropomorflıq tu'sindiriwler dep ataydı⁴⁵) ju'zege keldi. Olardıń qaldıqları ha'zirgi waqıtlarg'a shekem saqlanıp kelgen (mısalı «Quyash ju'rip baratır», «Ay qarap tur» degendey so'zler). Bul a'yyemgi adamlarda o'zlerin qorshag'an barlıq qubılıslardı, haywanlardı o'zlerine ten'ewden, olarda da o'zindegidey sana bar dep esaplawdan basqa («Quyash ju'rip baratır», «Ay qarap tur» degendey) hesh kaday mu'mkinshilik joq edi. Usınday derekler tiykarında ilimiy bilimler ha'm diniy ko'z-qaraslar rawajlandı.

Rawajlang'an qul iyelewshilik da'wirinde (bizin' eramızg'a shekemgi da'wirlerdin' aqırı ha'm bizin' eramızdın' bası, yag'nıy bunnan 2 mın'day jıl burın) jazılğ'an bibliyalıq an'ızlarda quday haqqındag'ı usınday antropomorflıq ko'z-qaraslar anıq ko'rinedi. Bunda qudaydı diyxan sıpatında sa'wlelendirilgen ha'm sonlıqtan ol meliorativlik jumıslardı onılaydı (jerden suwdı ayıradı), ot jag'adı, qorshap turg'an barlıq na'rselerdi do'retedi, jumıstan keyin dem aladı.

⁴⁵ Antropomorfizm – adam qa'siyetlerine iye (mısalı sanag'a iye) adamg'a o'li du'nyanın', aspan denelerinin' predmetlerin ha'm qubılısların, mifologiyalıq qudaydı, jin-shaytandı ha'm basqalardı uqsatıw

Usının' menen bir qatar (ta'biyat haqqındag'a morfologiyalıq ha'm fantastikalıq ko'z-qaraslardın' qaliplesiwi menen bir qatar) adamlar aspan deneleri, o'simlikler, haywanlar, qozg'alıslar ha'm ku'shler, hawa rayı haqqında haqıykiy bilimlerge de iye bola basladı. Toplang'an bilimler, a'meliy qabiletlikler a'wladlardan a'wladlarg'a berildi, bolajaq ilimnin' da'slepki fonın quradı. Bul jerde tiykarǵı orındı diyxansılıqtın' qaliplesiwi iyeledi. Ha'r jılı turaqlı tu'rde zu'ra'a't alinatug'ın jerlerde da'slep adamlar toparı jasadı, keyinirek qalalar, al bunnan keyin a'yyemgi ma'mleketler payda boldı.

Bunday sharayatlar Arqa afrikada Nil da'ryasının' jag'alarında payda boldı. Nil da'ryasının' ha'r jılı bolıp o'tetug'ın tasıwları egin egiletug'ın atızlarda mol hasıl beriwdi ta'miynleytug'ın uyıq qaldırdı. Bunday sharayatlar Tigr ha'm Evfrat da'ryaların' arasındag'ı usınday sharayatlar bizin' eramızdan buring'ı IV (to'rtinshi) mın' jılıqta a'yyemgi qul iyelewshi ma'mleketin'⁴⁶ qaliplesiwine alıp keldi ha'm bul jerler ha'zirgi ilimlerin' en' baslang'ış elementleri payda bolg'an en' a'yyemgi orınlarg'a aylandı. Suwg'arılatug'ın diyxansılıq sisteması, metaldın' (mıstın' o'ndiriliwi ha'm ha'r qıylı qurallardıń do'retiliwi rawajlang'an ekonomkag'a iye quramalı ja'miyetlik organizmnin' payda bolıwına alıp keldi. Ja'miyetlik za'ru'rlikler jazıwdın' payda bolıwına alıp keldi: Egipette ieroglifler, Vavilonda klinopisler (sına ta'rizli belgiler menen ha'r kiyli na'rselerdin' belgileniwi) payda boldı. Astronomiyalıq ha'm matematikalıq bilimler payda bolda.

Usı ku'nge deyingi saqlanıp kelgen Egipet piramidaları (bizin' eramızg'a shekemgi III-II mın' jılıqlar, Giza qalasındag'ı Xeops piramidasının' biyikligi 146,6 metr) sol da'wirde ma'mleketin' bir maqset ushın ko'plegen mın' adamdardı jıynay alg'anlıg'ın, ilimiy miynetlerdin' na'tiyjelerin, og'ada ko'p mug'dardag'ı materiallardın', adam ku'shinin' sarplang'anlıg'ın esapqa ala alg'anlıg'ın ko'rsetedi. Usınday maqsetler ushın aqıl miyneti menen shug'ıllanatug'ın adamlardıń arnawlı toparı za'ru'r. Egiptettegi xojalıq jazıwların sol da'wirlerdegi ilimiy bilimlerdi jazıp qaldırıwda og'ada ullı orın iyelegen jazıwshılar (pistsı) alıp bardı. II mın' jılıqlardıń belgili esteliklerinen bolg'an Britaniya muzeyinde saqlanıp turg'an Rind papirusı ha'm Moskva papirusı a'melde ushırasatug'ın ha'r kiyli ma'selelerdin' sheshimin, matematikalıq esaplawlardı, maydanlar menen ko'lemlerdi esaplawlardı o'z ishine aladı.

Nil da'ryasının' tasıwların ha'm qaytıwların biliw muqıyatlıq penen astronomiyalıq baqlawlardı o'tkeriw za'ru'rigin payda etti. Egiptette ha'r qaysısı 30 ku'nnen ibarat 12 ayg'a iye ha'm jılına 5 qosımsha ku'ni bar kalendar islenip shıg'ıldı. Ay u'sh on ku'nlikke, sutka bolsa 24 saatqa (sonnan on ekisi ku'ndizgi, qalgan on ekisi tu'ngi) bo'lindi. Tu'n menen ku'ndizgi ku'nnin' uzaqlıg'ı jıl boyınsha o'zgeretug'ın bolg'anlıqtan saattın' shamaları birdey bolg'an joq, al jıl boyınsha o'zgeritilip barıldı.

Vavilon matematikası menen astronomiyası joqarı da'rejede rawajlandı⁴⁷. Vavilonlıqlar Pifagor teoremasın bildi, kvadratlardı, kvadrat tu'birledi, kublardı ha'm kublardın' tu'birin esaplay aldı, ten'lemeler sistemasın, kvadrat ten'lemelerdi sheshe aldı. Ekliptikanı zodiaktın' 12 juldızlar toparına bo'liw Vavilonlıqlarg'a tiyisli Bul toparlardın' atları qaraqalpaq tilinde minaday: Qoy (Oven), Bug'a, Egizekler (Bliznitsı), SHayan (Rak), Arıslan (Lev), Peri (suw perisi, Rusalka), Ta'rezi (Vesı), Sarı shayan, Mergen (Strelok), Eshkimu'yiz (Kozeroq), Suw quyıwshı (Vodoley), Balıqlar (Rıbı).

Egiptelililerdin' ha'm vavilonlıqlardıń matematikası a'meliy xarakterge iye edi, bul matematika xojalıq ha'm qurılıs praktikası za'ru'rliklerinen o'sip shıqtı. Matematika tariyxshılarının' pikirinshe Vavilon matematikası Egipet matematikasına salıstırg'anda a'dewir joqarı basqışta turdı. Bira geometriyada Egiptelikler Vavilonlıqlardan alda ketti.

Astronomiya en' a'yyemgi ta'biyiy pa'n bolıp tabıladı. Ta'biyattanıwdın' barlıq tarawların' rawajlanıwı astronomiyadan baslandı.

⁴⁶ Mesopotamiya jeri haqqında ga'p etilmekte.

⁴⁷ Mesopotamiyadag'ı ha'zirgi Bag'dad qalasının' tu'slik-batısında jaylasqan a'yyemgi qala. Bizin' eramızg'a shekemgi 19-6 a'sirlerdegi Vaviloniyanın' paytaxtı. Al Vaviloniya bolsa Tu'slik Mesopotamiyadag'ı (arqa İraktın' territoriyası) bizin' eramızdan buring'an 2-mın' jılıqtan 539-jılǵa shekem (Parsılar ta'repinen jawlap aling'an) o'mir su'rgen ma'mleket.

Ayyemgi ma'mleketlerdin' u'lken qurılısları (xramlar, qorg'anlar, piramidalar ha'm basqalar) en' keminde qurılıs mexanikası menen statikanı emperikalıq biliwdı talap etti. İri qurılıs jumıslarında rıshaglırsız, qıya tegisliklersiz hesh na'rsenin' pitpeytug'ınlg'ı ba'rshege ma'lim. Solay etip a'meliy za'ru'rlikler turmısta ilimiy bilimlerdin', atap aytqanda arifmetikanın' geometriyanın', algebranın', astronomiyanın', mexanikanın' tuwılıwın ju'zege keltirdi.

İlim menen ma'deniyat tariyxının' en' baslang'ısh da'wirlerinin' a'hmiyetin ja'ne de atap o'tiw za'ru'r. Matematikanın' tariyxın izertlewshiler a'yyemgi Egipet ha'm Vavilon matematikasına a'ytewirden-a'ytewir itibar bermegen. Bul jerlerde matematikalıq ilimlerdin' en' da'slepki baslamaları ju'zege keldi ha'm en' da'slep fundamentallıq san ideyası ha'm sanlar u'stinde islenetug'ın tiykarg'ı operatsiyalar (qosıw, alıw, ko'beytiw ha'm bo'liw) payda boldı. Usı jerlerde geometriyanın' tiykarı salındı. Egipet penen Vavilonada adamlar juldızlar aspanın, Quyashın', Aydın', planetalardıń qozg'alısların ta'ripledi, aspan denelerin baqlawdı u'yrendi ha'm waqıttı o'lshewdin' tiykarların oylap taptı, alfavitlik jazıw tuwıldı.

Joqarıda aytlıg'anlardın' ishinde ilim menen ma'deniyatın' tiykarı bolg'an jazıwdın' payda bolıwı en' ullı ja'miyetlik qubılıs bolıp tabıladi.

A'yyemgi ilimnin' baslang'ısh etapı. İlim tariyxında Egipet penen Vavilonnıń a'yyemgi emperikalıq iliminin' og'ada ullı a'hmiyetke iye ekenligine qaramastan ha'zirgi ilimnin' haqıyqıy watanı dep a'yyemgi Gretsianı aytamız. Sebebi tek usı jerde g'ana birinshi ret a'meliy retseptlerdin' a'piwayı qosındısına alıp kelinbeytug'ın du'nya haqqındag'ı ilimiy ko'z-qaraslardan turatugın teoriyalıq ilim ha'm ilimiy metod payda boldı. Eger egipetlik yamasa vavilonlıq jazıwshı⁴⁸ o'zinin' «miynetinde» esaplaw kag'ıydasin qa'liplestirip «Mınaday na'rseni isle» dep aytıp, al ne sebepli «usınday na'rseni» isldewdin' kerekligin tu'sindirmegen. Al Grek ilimpazları bolsa da'lillewdi talap etken. Tariyxıy mag'lawmatlar boyınsha atomistikanın' tiykarın salıwshı Demokrit: «Menin' ushın bir ilimiy da'lildi tabıw parsılar patshalıg'ın iyelegege qarag'anda a'dewir a'hmiyetli» dep og'ada zor so'zlerdi aytqan. Ha'zirgi waqıtlardag'ı ilim o'zinin' qay jerde tuwılǵ'anlıg'ın o'zlerinin' atları menen jaqsı este saqlap kaldı: astronomiya, matematika, mexanika, fizika, biologiya, geografiya ha'm basqalar. Bul so'zlerdin' barlıg'ı da grek tilinen alıng'an. Tap sol sıyaqlı formulalarda grek ha'riplerinin' qollanıwı, ko'plegen terminlerdin' de grek tilinen alıng'anlıg'ı sol terminlerdin' a'yyemgi Gretsiyada tuwılǵ'anlıg'ın bildiredi: massa, atom, elektron, izotop ha'm basqalar). En' aqırında biz umitılmaytug'ın, ilimiy a'debiyatlarda saqlanıp kelgen grek ilimpazlarının' atların keltiremiz: Fales, Anaksimandr, Anaksimenes, Pifagor, Demokrit, Aristotel, Eratosfen, Aristrax, Arximed, Evklid, Gipparx, Ptolemey.

Joqarıda aytılp o'tilgenindey Vavilon ha'm Egipet ilimi a'meliy islerdin' (praktikanın') za'ru'rliginen kelip shıqtı. Vavilonlıqlar menen egipetliklerdin' teoriyalıq oylawı bolsa animizm⁴⁹ menen mifologiya⁵⁰ sheklerine shıg'a almadı. Bul jerlerde sırlı qubılıslardı tu'sindiriw diniy, ruwxanıy adamlarg'a tiyisli boldı. Al a'yyemgi grekler bolsa bul qa'ddiden joqarı ko'terildi. Olar qoyılǵ'an sorawlarg'a juwap beriw ushın sırlı, qudaylıq sebeplerdi paydalanbay, qubılıstın' haqıyqıy ma'nisin tu'siniwge trıstı.

A'yyemgi Gretsiyada adamlardıń aqlı birinshi bolıp o'zinin' ku'shin anıq bildi ha'm adamlar ilim menen tek turmısta payda bolg'an za'ru'rliktin' qısımında emes, al ilim menen shug'ıllanıwdın' qızıqlı ekenliginin' saldarınan shug'ıllana basladı. Bul jo'ninde Aristotel «biliwdin' quwanışı» dep pikir bildirdi. Birinshi ilimpazlardı adamdar filosoflar (yag'nıy danalıqtı jaqsı ko'riwshiler) dep atadı. Na'tiyjede greklerde danalıqtı jaqsı ko'riwshı adamlarg'a za'ru'rlik payda boldı. Usınday za'ru'rliktin' ta'sirinde bir waqıtta ilimpaz ha'm mug'allım professiyaları qa'liplesti.

⁴⁸ Biz «jazıwshı» degende ha'zirgi waqıtlardag'ıday jazıwshını emes, al sol waqıtlardag'ı aqlı miynetini menen shug'ıllanatug'ın adamdı na'zerde tutamız.

⁴⁹ Animizmi «jan» menen «ruxlar» dın' bar ekenligine iseniw, qa'legen dinnin' ajıralmas elementi.

⁵⁰ An'ızlar.

Platon Akademiyası ha'm Aristotel litseyi oqıtıw ha'm ilim-izertlew isleri menen shug'ıllanatug'ın du'nyadag'ı en' birinshi ma'kemeler bolıp tabıladı. Ha'zirgi waqıtlardag'ı joqarı oqıw orınları usınday ma'kemelerden o'sip shıqtı. Gretsiyada a'stelik penen mamanlıg'ı bir qansha tar bolg'an injener, shıpkar, astronom, matematik, geograf, tariyxshı qa'nigeler payda bola basladı. Sonın' menen birge ha'zirgi waqıtlardag'ı ilim-izertlew institutların' en' baslaması bolg'an Aleksandriya kitapxanası tipindegi ilimiy ma'kemeler de payda bola basladı. Bizin' eramızdan buring'ı 3-a'sirdin' basında tiykarı salıng'an bul kitapxanada 100 mın'nan 700 mın'g'a shekem qol jazba tu'u'rindagi kitaplar jıynalg'an (kitapxanadag'ı kitaplardıń bir qanshası bizin' eramızg'a shekemgi 47-jılı o'rtten nabit boldı, qalg'anların' bir bo'legi bizin' eramızdın' 391-jılı joq etildi, qalg'anları 7-8 a'sirlerde joq boldı). Usın' menen bir qatarda Gretsiyada ilimiy miynetler, lektsiyalar, disputlar, ilimpazların' bir birine jazg'an xatları tu'rindagi ilimiy informatsiyalar payda boldı.

Solay etip ayyemgi Gretsiyada sistemalı tu'rde ilim-izertlew jumısları ju'rgizildi, oqıtıwshılıq, qa'nige-ilimpazlar, ilimiy informatsiya payda boldı.

A'yyemgi Gretsiya ilim tariyxının' da (sonın' ishinde fizika tariyxının' da) watanı bolıp tabıladı. A'yemgi grek ilimpazların' ilimiy islerdegi ko'plegen jetiskenlikleri xaqında biz grek ilimpazları menen tariyxshı-ilimpazların' qaldırg'an ha'm usı waqıtlarga shekem saqlanıp kelgen jazba miyraslarınan bilemiz.

Grek iliminin' payda bolıwı Kishi Aziyadag'ı qalaların' en' rawajlang'an da'wirine sa'ykes keledi dep esaplanadı. Bul da'wir bizin' eramızdan buring'ı VII-VI a'sirler bolıp tabıladı (demek grek iliminin' payda bolg'anına 2500-2600 jıl bolg'an eken, al Egipet penen Vavilonda ilimnin' tiykarının' salınıwı bizin' eramızdan 3-4 mın' jıl burın a'melge astı, yag'nıy grek iliminen 2500-3500 jıl burın). İonıyanın' (Kishi Aziya) Milet ha'm Efes qalaları, Jer orta ten'izinin' atawları, Tu'slik İtaliyanın' grek koloniyaları birinshi grek ilimpazların' xızmet etken ha'm ilim-izertlew jumısların ju'rgizgen jerleri bolıp tabıladı. Usınnan grek ilimin a'dette ionıylardıń ilimi dep te ataydı. Biz grek ilimpazları ha'm İonıylı ilimpazlar dep bir ma'niste aytamız.

Grek iliminin' tiykarın salıwshı retinde Fales Miletskiydi ko'rsetiwge boladı (bizin' eramızdan buring'ı shama menen 624-547 jıllar). Al İoniya mektebinin' basqa wa'killeri retinde Anaksimandrdı (bizin' eramızdan buring'ı shama menen 610-546 jıllar), Anaksimendi (bizin' eramızdan buring'ı shama menen 585-525 jıllar) ko'rsetiw mu'mkin. Bul ilimpazların' barlıg'ı da du'nyag'a ha'm onın' en' baslang'ısh tiykarına materialistlik ko'z-qaraslar menen qaradı. Mısalı Fales boyınsha du'nyanın' en' baslang'ın tiykarı suw, Anaksimandr boyınsha du'nya «apeyron» dep atalatug'ın sheksiz ha'm anıq emes materiallıq na'rseden payda bolg'an ha'm rawajlang'an. Usınday ko'z-qaraslardı rawajlandıra kelip Geraklit du'nyanı sheksiz ko'p sanlı gu'rlep alısıw menen baslanatug'ın ha'm o'shetug'ın ot penen ten'lestirdi.

Usın' menen bir qatar ioniylikler arasında filosofiyadag'ı idealistlik bag'darlar da payda boldı ha'm rawajlandı. Bunday bag'dardıń en' ko'rnekli wa'kili Pifagor bolıp tabıladı (shama menen bizin' eramızdan buring'ı 580-500 jıllar). Pifagordın' oqıwshıları da du'nyag'a idealistlik ko'z-qaraslardı qabil etti.

Pifagordın' o'zi haqqında ko'p an'ızlar tarqag'an. Ko'p sanlı ilim menen filosofiya tariyxın izertlegen ilimpazlar Pifagordı haqıyqıy jeke adam dep sanamaydı, al an'ızlardın' qaharmanı dep esaplaydı. Biraq Pifagor haqqında biografiyalıq xarakterdegi jetkilikli da'rejede ko'p sanlı mag'lıwmatlar saqlanıp kelgen⁵¹. Ol Samos atawında tuwılg'an, ol jaslıq waqtında aristokratlar menen demokratiya arasındag'ı gu'reste aristokratlar ta'repinde gu'resken. Na'tiyjede ol İtaliyag'a qashıp ketiwge ma'jbu'r bolg'an. Bul jerde ol qupiya awham du'zgen. Siyasiy gu'reste qupiya awham jen'ilgen ha'm qıyrag'an. Bazı bir mag'lıwmatlar boyınsha usı gu'reste Pifagor o'lgan, al basqa bir mag'lıwmatlarda ol qashıp ju'rip qaytıw bolg'an. Biraq onın' mektebi ol o'lgennen keyin de ha'reket etken. Usı mektep penen Filoleydin' (V a'sirdin' aqırı – IV a'sirdin'

⁵¹ «Biografiya» so'zi «o'mirbayan» so'zine sa'ykes keledi.

bası), belgili filosof Sokrattın' ha'm IV a'sirdin' aqırında ha'm III a'sirdin' basında jasag'an astronom Aristrax Samosskiydin' atları baylanışlı.

Pifagor mektebinin' ta'siri og'ada ullı boldı. Ha'tte fizika ilim bolıp qa'liplesken XVII a'sirdin' birinshi yarımında da Jerdin' qozg'alısı haqqındag'ı ta'limattı «pifagor ta'limatı» dep esapladı. Pifagorshılardın' filosofiyası menen ideologiyası idealistlik edi ha'm bul filosofiyadag'ı oraylıq orındı sanlardın' qudaylıq roli haqqındag'ı ta'limat iyeledi. Olar du'nyanı sanlar basqaradı dep esapladı. Pifagorshılar sanlarg'a mistikalıq (aqıl menen jetip bolmaytug'in) mag'ana berildi. Al ayırım sanlarg'a joqarı da'rejede jetilsiken nışanlar berildi (mısalı bir – ba'rshege tiyisli en' da'slepki baslang'ış, eki - qarama-qarsılıqtın' baslanıwı, u'sh - ta'biyattın' nışanı ha'm tag'ı basqalar). Olar qa'legen zattı, du'nyadag'ı qa'legen qubılıstı sanlardın' ja'rdeminde an'latıwıg'a boladı dep esapladı.

Sanlar mistikası ju'da' jasag'ış bolıp shıqtı. Biraq pifagorshılardın' ta'biyattag'ı sanlıq qatnaslardın' a'hmiyeti haqqındag'ı ta'limatının' og'ada paydalı ta'repi bar. Sebebi sanlıq tallaw, matematikalıq qatnaslar ha'zirgi ku'nleri de ta'biyattı ta'riplewdin' tiykarın quraydı. Usınday ta'riplewdin' birinshi mısılın pifagorshılardın' o'zleri ko'rsetti. Olar ses shıg'arıwı garmonikalıq interval beriwshi tarlardın' uzınlıqlarının' qatnaslarının' pu'tin sanlardın' qatnaslarınday ekenligin, yag'nıy ekinin' birge, u'shtin' ekige, to'rttin' u'shke qatnasınday ekenligin ko'rsete aldı. Bizler bunı fizikalıq akustikanın' en' da'slepki baslamaları dep ayta alamız.

Jerdin' shar ta'rizli ekenligi haqqındag'ı ko'z-qaras pifagorshılardın' en' ullı jetiskenligi dep atawıg'a boladı.

Pifagorshılar Du'nyanın' pirooraylıq sisteması dep atalatug'in sistemasın usındı. Bul sistemada Jer, Quyash, planetalar oraylıq ottın' do'geregnide aylanadı⁵². On (10) sanın ka'ramatlı dep esaplap, olar oraylıq ottın' do'geresinde aylanıwshı on dana sferanı kirgizdi. Sol da'wirde pifagorshılarg'a Jerden basqa bes planeta belgili edi (Merkuriy, Venera, Mars, IUpter, Saturn). Sonlıqtan usı 5 planetanı, Jerdi, Aydı, Quyashtı, juldızlar sferasın (barlıg'ı tog'ız) 10 sferag'a jaylastırıw ushın olarg'a Keri Jer (Protivozemlya) dep atalatug'in ja'ne bir planetanı kirgiziwge tuwrı keldi. Solay etip pifagorshılar oraylıq ottın' do'geresinde Merkuriy, Venera, Mars, IUpter, Saturn, Jer, Ay, Quyash, qozg'almaytug'in juldızlar ha'm Keri jer sferaları aylanadı dep esapladı.

Aristrax keyinirek sistemadan oraylıq ot penen keri jer sferaların alıp tasladı ha'm oraylıq ottın' ornına Quyashtı jaylastırdı. Solay etip Aristrax Samosskiy en' birinshi geliooraylıq sisteması bolıwıg'an ilimpaz bolıp esaplanadı.

Aristrax Samosskiydin' modeli Nikolay Kopernikke belgisiz bolg'an bolsa kerek. Sebebi ol o'zinin' 1543-jılı jarıq ko'rgen «Aspan sferalarının' aylanıwı haqqında» kitabının' kirisiw bo'liminde pifagorshı Filolay ta'repinen bayanlang'an orayında ot jaylasatug'in model haqqında g'ana ga'p etedi.

A'yyemgi Gretsia ilimi en' da'slepten-aq a'yyemgi shıg'ıs ellerinde mın'lag'an jıllar dawamında jıynalg'an bilimlerde su'yengenligin atap o'tiw kerek.

V a'sirde grek iliminin' orayı Afina qalasına orın alıstırdı. Bul jerde birinshi ilimiy mektepler payda boldı. Afinada iskusstvo, a'debiyat o'zinin' doqarı da'rejesine shekem ko'terildi. Perikl hu'kimlik etken da'wirde Akropol salındı. Afinag'a grek iliminin' ullı wa'killeri ko'ship keldi. Bul jerde matematik Gippokrit sabaq berdi, ullı filosof Anaksagor o'zinin' miynetlerin do'retti.

Anaksagordın' ta'limatı boyınsha Ay, Quyash, planetalar, juldızlar qızg'an taslar bolıp tabıladı (bul ob'ektlerge egipetliler menen grekler qudaylıq ta'biyat bergen edi). Usı ta'limatı ushın Anaksagor Afinadan quwıldı ha'm Kishi Aziyada qaytıstı boldı.

Demokrit

Frakiyadag'ı Abder qalasında bizin' eramızg'a shekemgi 360-jılları tuwılg'an atomistikalıq ta'limattın' tiykarın salıwshı bolıp tabıladı. Demokrit boyınsha du'nya tek atomlardan ha'm

⁵² «Piro» so'zi ot ma'nisin bildiredi.

bosıqlardan turadı. Demokritin' hesh bir miyneti bizge kelip jetken joq. Biraq biz onin' miynetleri haqqında basqa avtorlardın' jumıslarınan bilemiz. Bizin' ushın onin' printsipleri u'iken a'hmiyetke iye. Olar mınalar:

1. Hesh na'rseden hesh na'rse kelip shıqpaydı (joqtan hesh na'rse de payda bolmaydı). Bar na'rseni joq qılıw mu'mkin emes. Barlıq o'zgerisler bo'limlerdin' qosılıwı yamasa ıdırawı menen ju'redi.

2. Hesh na'rse tosınnan ju'zege kelmeydi. Barlıq na'rseler (qubılıslar, waqıyalar, zatlar) qanday da bir tiykarda ha'm za'ru'rlik penen ju'zege keledi.

3. Atomlardan ha'm taza ken'islikten basqa hesh na'rse de joq, basqa na'rselerdin' barlıg'ı da tek adamlardın' ko'z aldındag'ı durıs emes sa'wleleniw bolıp tabıladı.

4. Atomlar sanı ha'm forması boyınsha sheksiz ko'p. SHEksiz ken'islik boyınsha ma'n'gi tu'siwde u'iken (na'rseler) kishi (na'rselerge) urıladı. Usının' saldarınan payda bolg'an kaptaldag'ı qozg'alıslar ha'm iyrimler du'nyanın' payda bolıyau ushın xızmet etedi. SHEksiz ko'p sanlı du'nyalar payda boladı ha'm olar bir biri menen qatar yamasa birinen son' biri qaytadan jog'aladı.

5. Zatlar arasındag'ı ayırma olardıń atomların' sanında, formasında ha'm jaylasıw ta'rtibinde. Atomlar arasında sapalıq ayırma joq. Atomlarda «ishki hallar» bolmaydı. Olar bir biri menen tek basımın' ha'm soqlıg'ısıwdın' na'tiyjesinde ta'sirlesedi.

6. Jan (adamnıń, tiri ja'nliklerdin' janı) ottın' atomlarına uqsas bolg'an kishkene, tegis ha'm do'n'gelek atomlardan turadı. Bul atomlar en' qozg'alıg'ısh atomlar bolıp tabıladı. Denege kirgen bunday atomlar tiri adamlarg'a, ja'nliklerge ta'n bolg'an barlıq tirishilik ha'reketlerin isletedi.

Demokritin' o'zi iri matematiklerdin' biri edi. Demokrit piramidanın' ko'leminin' biyikligi usınday piramidanın' biyikligindey prizmanın' ko'leminin' u'shten birine ten', al konustın' ko'lemi bolsa biyikligi usınday konustın' biyikligindey, al ultanının' maydanı usınday konustın' ultanının' maydanınday tsilindrın' ko'leminin' u'shten birine ten' ekenligin da'lilledi. Demokritin' matematikalıq da'lillewlerinde atomistika u'iken orın iyeledi. Sızıqtın' atomları noqatlar bolıp tabıladı, al bet atomları sızıqlar, al ko'lem atomları juqa betler bolıp tabıladı.

Aristotel

A'yyemgi Gretsiyada bizin' eramızg'a shekemgi 431-404 jılları bolıp o'tken Peloponnes urısı Afinanın' ha'm bul jerdegi demokratiyanın' to'menlewine alıp keldi⁵³. Bul jag'day ideologianın' teren'nen o'zgeriwine ta'sirin tiygizdi. Sokrat (bizin' eramızg'a shekemgi 469-399 jıllar) ha'm onin' sha'kirti Platonnıń (bizin' eramızg'a shekemgi 427-347 jıllar) idealistlik filosofiyası ta'repinen atomistler ha'm ioniyılıqlardıń materialistlik sisteması qısqıg'a ushıradı. Biraq dialog iskusstvısı, logikalıq oylaw qa'biletlikleri rawajlana basladı, anıq matematikalıq da'lillewlerge qızıg'ıw ku'sheydi. «Platon akademiyası» dep atalatug'ın o'zinin' mektebin do'retken filosof Platon matematikanı joqarı bahaladı. Sol waqıtlardan qalg'an an'ızlar boyınsha II usı Akademiyanın' kirer awzına «Matematikanı bilmegen adam bul jerge kirmesin» degen so'zlerdi jazdırıp qoyg'an. Platon miynetlerinde bir qatar qızıqlı fizikalıq ideyalar bolg'an, biraq ol ilim tariyxına filosof-idealist sıpatında kirdi. Ja'miyette ilimdi sistemag'a tu'sken tu'rinde men'geriw talabı ku'sheydi. Ja'miyettin' bul talabın qanaatlandırıw Platonnıń sha'kirti bolg'an a'yyemgi belgili danışpan Aristoteldin' shegine tu'sti ha'm ol o'z da'wirinin' ilimiy bilimlerinin' sistemalastırılğ'an jıynag'ın do'retti.

Aristotel bizin' eramızg'a shekemgi 384-322 jılı Gretsiyanın' arqa-shıg'ısında jaylasqan Stagir qalasında tuwılğ'an. Bul qala Makedoniya menen shegaradan qashıq emes edi ha'm Aristoteldin' a'kesi Nikomax makedoniyanın' patshası Aminta II nin' sarayının' shıpakeri bolıp

⁵³ 27 jıllıq Peloponnes urısı (bitzin' eramızdan buring'ı 431-404 jıllar) a'yyemgi Gretsiya tariyxındag'a en' iri urıs bolıp tabıladı. Grek polisleri arasında bolg'an bul urıstag'ı sawashlar Gretsiyanın' jerlerinin' barlıg'ında, Tu'slik İtaliya menen Sitsiliyanın' tu'slik qalalarında bolıp o'tti. 404-jılı qurg'aqtan da, ten'iz ta'repten de qamalğ'a alıng'an Afina bag'ındı. Na'tiyjede Afinada «otız zulım» nın' basshilıg'ındag'ı oligarxiyalıq tutım ornatıldı.

isledi. Amintanın' ulı, al Aleksandr Makedonskiydin' a'kesi Filipp jasınan baslap Aristoteldin' dostı edi. Filip taxtqa otırg'annan keyin ulı Areksandr Makedonskiydin' ustazı sıpatında Aristoteldi shaqırdı.

Sol da'wirlerde Makedoniya o'zinin' rawajlanıw da'rejesi boyınsha Afinadan a'dewir artta qalg'an edi. Afinalıqlar makedoniyalıqlardı jabayılar dep te atadı. Biraq Amintanın', asirese Aleksandr Makedonskiydin' da'wirinde Makedoniya askeriy ta'repten og'ada aybatlı ma'mleketke aylandı. Afinadag'ı siyasiy kelispewshilikler Filipp ta'repinen sheber paydalanıldı. Na'tiyjede bizin' eramızdan buring'ı 338-jılı grek askerleri Makedoniya askerleri ta'repinen qıyratıldı, al 337-jıldan baslap Makedoniyannın' Afina ha'm Gretsiya u'stinen u'stemligi ornalıdı. Filiptin' o'zi parsılarg'a qarsı urısqa tayarlıana basladı, biraq ol 336-jılı o'ltirildi. Parsılarg'a urıs Aleksandr Makedonskiydin' basshılıg'ında baslandı. Aleksandr ko'p jıllıq urıslardıń barısında Aziyadag'ı ha'm Afrikadag'ı ko'plegen ellerdi, solardıń ishinde Orta Aziyadag'ı ellerdi de basıp aldı, o'zinin' a'skerleri menen İndiyag'a shekem jetti. A'yyemgi du'nyanın' rawajlanıwında jan'a da'wir baslandı.

Biraq 451-jılı on segiz jasar Aristotel Afina kalasına Platonnıń Akademiyasına kelgende bul waqıyalarg'a ele a'dewir bar edi. Biraq Afinada Aristotel Platondı ushırata almadı. Sebebi ol bul waqıtları Sitsiliyada edi. Akademiyag'a sol waqıtları matematik ha'm astronom, Jerdin' do'geregindegi planetalardıń qozg'alıs teoriyasın aylanıwshı sferalar sistemasının' ja'rdeminde birinshi ret tu'sindirgen Evdoks Knidskiy (bizin' eramızdan buring'ı 408-355 jıllar) basshılıq etip atır edi. Platon Afinag'a 449-jılı qayıtıp keldi ha'm Aristotel menen o'mirinin' aqırına shekem (shama menen 343-jıl) islesti. Aristotel bunnan keyin 339-jıl'g'a shekem Makedoniyannın' paytaxtı Pelle qalasında Aleksandr Makedonskiydin' ustazı sıpatında isledi. 336-jılı ol Afina kalasına qayıtıp keldi ha'm o'zinin' litseyinin' tiykarın saldı.

Aleksandr Makedonskiy 323-jılı atlanıslar barısında oba keselinen qayıtıp boldı. Bunnan keyin afinada antimakedoniyalıq partiya ku'shke endi. Bul partiyanın' tiykarın salıwshılardıń biri Demosfen Afinag'a qayıtıp keldi, al Aristotel Evbeiu atawına quwıldı. Bul atawda ol 322-jılı qayıtıp boldı. Biraq Makedoniyalıqlardıń qarsılaslarınń quwınashı ko'pke barmadı. Aristotel qayıtıp bolg'an jılı antimakedoniyalıq ku'shler joq etildi, Afina oratorı Demosfen bolsa za'ha'r ishıp o'ldi. Solay etip Aristoteldin' jeke ta'g'diri og'ada ko'p sanlı siyasiy, a'skeriy, basqa da waqıyalar menen tolı boldı.

Aristoteldin' qaldırg'an ilimiy miyraslarınń sanı ju'da' ko'p. Bul jumıslar toplamı sol waqıtlardag'ı ilimiy bilimnin' tolıq entsiklopediyasın payda etedi⁵⁴. Biraq onıń miynetleri arasında biz mexanika yamasa matematikag'a baylanıslı bolg'an miynetti taba almaymız.

Aristoteldin' ilimiy miynetlerinde ta'biyattı biliwdin' durıs jolı keltirilgen. Bul jol «bizin' ushın belgilirek ha'm anıg'ıraqtan zatlardın' ta'biyatı ko'z-qaraslarındaı belgilirek ha'm anıg'ıraqqa o'tiw» bolıp tabıladı.

Aristotelden basqa birde bir ilimpaz o'zinen keyingi adamzat oylawına sonshama uzıq waqıtlar ha'm teren' ta'sir etken joq. Mısalı A'l Beruniy o'zinin' «Tafxim» (Juldızlar haqqındaı ilimnin' baslang'ısh anıq kitabı) miynetinde «Bazı bir a'yyemgi (adamlar) segizinshi sferanın' argı ta'repin sheksiz boslıq, al basqaları sheksiz dene dep, al Aristotel bolsa segizinshi sferanın' arg'ı ta'repinde deneler de, boslıq ta joq dep esapladı» dep jazdı. Usı kitapta «Qus jolı degen ne?» degen soraw qoyıl'g'an. Bul sorıwg'a juwapta a'l Beruniy «Aristotel Qus jolın tu'tin tu'rinde shashır'g'an og'ada ko'p juldızlardan turadı ha'm onı hawadag'ı duman ha'm bult penen salıstırdı» dep jazg'an.

A'l Beruniy o'zinin' atalı «Mas'ud kanonında» Aristotel haqqında bir neshe ret jazıp qaldırdı. Mısalı bul kitaptın' «Ay tutıl'g'andag'ı ren'inin' ayırmaları haqqında» dep atalatug'ın bo'liminde «Aristotel Ayda Kuyashtan Ayg'a tu'stetug'ın ren'nen basqa da ren' bar dep boljaydı» dep jazg'an. Bul kitaptın' «Dumanlıqlar ha'm Qus jola» dep atalatug'ın bo'liminde de Aristoteldin' atı keltirilgen.

⁵⁴ A'l Beruniydin' miynetleri de sol da'wirlerdegi ilimiy bilimnin' entsiklopediyasın payda etedi dep ayta alamız.

Ko'plegen avtorlar Aristoteldi fizika iliminin' en' birinshi atası dep esaplaydı. Biraq bul pikir haqıyqatlıqqa sa'ykes kelmeydi. Sebebi onın' ta'jiriybelerdin' na'tiyjelerine tiykarlanbag'an, al logikalıq tallaw tiykarında jazılğ'an «Fizika» miyneti haqıyqatında ta'biyattanıw haqqındag'ı kitap emes, al filosofiyalıq traktat bolıp tabılıp, onın' filosofiyalıq pikirlerinin' belgili bir sistemasın qamtıydı⁵⁵. Usı jag'dayg'a qaramastan Aristoteldin' bul miynetinin' atı fizikalıq ilimnin' atına aylandı. Bul kitaptı oqıw og'ada qıyın. Sebebi bul kitaptın' en' baslang'ısh tiykarın biz bilmeymiz, kitaptı oqıw barısında Aristoteldin' bayanlap atırg'an jag'dayının' qaydan alıng'anlıg'ı tu'sinikli tu'sinikli emes bolıp qaladı. Biraq Aristotel ha'm onın' okıwshıları ushın bul jag'daylar tolıq tu'sinikli bolg'an bolıwı kerek.

Kitapta Aristotel ta'biyat haqqındag'ı ilimnin' ulıwmalıq tu'siniklerin tallaydı: materiya ha'm qozg'alıs tu'sinikleri, waqıt ha'm ken'islik, ta'sir etiwshi sebeplerdi, boslıq haqqındag'ı ma'seleni, sheklilik ha'm sheksizlikti, en' da'slepki sapalar ma'selelerin tallaydı,

Eksperiment usılı ha'm matematikalıq tallaw Aristotel ta'repinen qabıl etilmedi (bul Aristotel jasag'an qul iyelewshilik ja'miyetindegi aristokratlar ushın ta'n bolsa kerek). Mısalı ol matematikanı ta'biyattı izertlew ushın paydalanıwg'a bolmaydı dep esapladı. Na'tiyjede ol mınaday dep jazdı: «altının' yamasa qorg'asının' yamasa basqa bar denenin' tu'siwinde o'lshepleri en' u'lken bolg'an dene tezirek tu'sedi». Eger Aristotel ta'jiriybeler qoyıp, sol ta'jiriybelerdin' na'tiyjelerine su'yengende bunday durıs emes pikirler kelip shıqpag'an bolar edi.

Aristoteldin' materiya haqqındag'ı ko'z-qaraslarının' en' a'hmiyetli momenti sonnan ibarat, materiyanın' o'zi ta'biyattın' passiv baslaması, haqıyqiy zatların' do'rewinin' tek mu'mkinshiligi g'ana bolıp tabıladı. Zattın' haqıyqatlıqqa aylanıwı ushın formag'a iye bolıwı kerek. Forma bolsa sol mu'mkinshilikti shınlıqqa aylandıradı. Qa'legen zat materiya menen formanın' birligi bolıp tabıladı, ta'biyatta materiyanın' formag'a aylanıwı, formanın' materiya g'a aylanıwı turaqlı tu'rde bolıp turadı. Bunnan Aristoteldin' to'rt qozg'altıwshi sebepler haqqındag'ı ta'limatı kelip shıg'adı:

- 1) Materiallıq;
- 2) Formallıq;
- 3) O'ndiriwshi;
- 4) Aqırg'ı.

To'rt sebep xaqqındag'ı ta'limat orta a'sirlerde ko'p tarqaldı.

Aristotel boyınsha qozg'alıs mu'mkin bolg'an na'rsenin' aktiv tu'rde haqıyqatlıqqa aylanıwı tu'rindegi ulıwmalıq o'zgeris bolıp tabıladı. Mexanikalıq qozg'alıs zatların' orınların' o'zgertiwge alıp keletug'in qozg'alıslardıń tek bir tu'ri bolıp tabıladı. «Orın» tu'sinigin Aristotel ju'da' anıq ha'm tolıq tallaydı. Orın materiallıq dene menen qatan' tu'rde baylanıskan. Materiya joq ken'islikti Aristotel keskin tu'rde biykarladı. «Orın» tu'sinigi bir deneni ekinshi deneg'e salıstırganda g'ana ju'zege keledi. Aristotel boyınsha orın deneni qorshag'an shegara. Mısalı Jerdi qorshap turg'an hawa Jerdin' ornı bolıp tabıladı.

Waqtı Aristotel qozg'alıs penen baylanıstıradı. Waqt qozg'alıstın' o'zine ta'n o'lshepi – «qozg'alıstın' sanı» bolıp tabıladı. Aristotel boyınsha en' a'piwayı qozg'alıs shen'ber ta'rizli ten' o'lshepli qozg'alıs bolıp tabıladı, sebebi onın' sanı en' ko'birek belgili.

Aristotel boyınsha boslıq tu'sinigi haqıyqatlıq penen qarama-qarsılıqqa alıp keledi. Ortalıqtın' qozg'alısqa ta'sir etetug'inlig'in, tıg'ız ortalıqlardıń qozg'alısqa ku'shliler tosqańlıq jasaytug'inlig'in durıs ayta kelip Aristotel sheksiz bos ortalıqtın' sheksiz qozg'alısqa alıp keletug'inlig'in durıs atap o'tedi, biraq ol bul jag'daydı mu'mkin emes dep esaplaydı. Onın' pikiri boyınsha ortalıqtın' qarsılıg'ı bolmasa denenin' tezligi sheksiz u'lken bolıwı kerek, bul da mu'mkin emes. Usı jerde biz Aristoteldin' boslıqta barlıq denenin' birdey tezlik penen (erkin) tu'siwi haqqındag'ı pikirinin' pu'tkilley durıs ekenligin atap o'temiz. Bul sheksiz inertsialıq qozg'alıs haqqındag'ı juwmaqq'a keliw bolıp tabıladı. Xaqıyqiy jag'daylarda qozg'alıs tezligi shekli ha'm deneler Jerdin' betine ha'r qıylı tezlikler menen qulap tu'sedi. Usıg'an baylanılı

⁵⁵ Aristoteldin' «Fizika» kitabı (1056 bet) rus tilinde 1999-jılı Xarkov qalasında basılıp shıqtı. Hazirgi waqıtları Internet tarmag'ınan biypul jazıp alıw mu'mkin.

Aristotel u'iken salmaqqa iye deneler Jerge tezirek qulap tu'sedi dep esapladı. Sonın' menen birge Aristotel boyınsha to'menge (Jerdin' orayına qaray erkin tu'siw) qozg'alis ta'biyiy qozg'alis bolıp tabıladı. Basqa qozg'alıslardıń barlıg'ı da ma'jbu'riy qozg'alıslar bolıp, olar tek ma'jbu'rlewshi sırtqı ku'shlerdin' ta'sirinde g'ana ju'zege keledi. Demek Aristotel boyınsha sırttan ku'shler ta'sir etpegen jag'dayda deneler tuwrı sızıqlı traektoriya boyınsha ten' o'lewli qozg'ala almaydı degen so'z (Aristoteldin' pikiri boyınsha Niutonnın' birinshi nızamı – inertsiya nızamı orınlanbaydı).

Aristoteldin' ta'limatında du'nyanın' fizikalıq kartinası haqqındag'ı durıs ha'm qızıqlı oylar menen birge pu'tkilley durıs emes jag'daylar da ju'da' ko'p. Olardıń ishindegi en' baslısı A'lemnin' absoliut qozg'almaytug'ın orayın' bar ekenligi haqqındag'ı pikir bolıp tabıladı. Bul oraydı Jer turadı. Bul jag'day orta a'sirlerdegi din ta'repinen qollap-quwatlandı ha'm ken' tu'rde paydalanıldı.

Aristotel o'zinen burın jasag'an filosof Empedokoldın' (bizin' eramızdan buring'ı 490-430 jıllar) izinen to'rt «stixiyanın'» bar ekenligin boljadı: jer (topıraq), suw, hawa ha'm ot. Sol to'rtewinin' qosındısınan Jerde bar barlıq na'rseler payda boladı. Aristotel boyınsha jer menen suw A'lemnin' orayına qaray (to'menge karay) qozg'alıwg'a tırısadı. Al hawa menen ot joqarig'ı qaray qozg'alıwg'a tırısıp, o'zlerinin' (en' joqarı shegaradag'ı) «ta'biyiy» orının iyelewge tırısadı. Usıg'an baylanıslı du'nyanın' orayında Jer jaylasqan, al onın' u'stinde suw, hawa ha'm ot jaylasadı. Aristotel boınsha A'lem ken'islikte sheklengen, biraq onın' qozg'alısı sheksiz, qozg'alıstın' bası da joq, aqırı da joq. Bunday jag'day joqarıda aytılıp o'tilgen to'rt elementten basqa materiyanın' besinshi joq etiwge bolmaytug'ın forması da bar. Bul elementti Aristotel «efir» dep atadı. Barlıq aspan deneleri efirden turadı, olar ushın ma'n'gi aylanbalı qozg'alis ta'biyiy hal bolıp tabıladı. «Efir zonası» shama menen Aydan' a'tirapında baslanıp ha'm joqarig'a qaray ketedi. Sebebi A'lemnin' Aydan to'mengi bo'liminde to'rt element du'nyası jaylasqan.

Du'nyanın' kurılısın Aristoteldin' o'zi bılayınsha bayanlaydı:

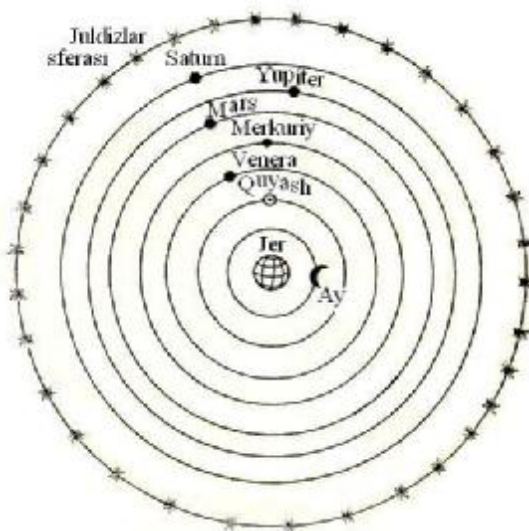
«Quyash ha'm planetalar u'nyanın' orayında jaylasqan Jerdin' do'gereginde aylanadı. Bizdegi ottın' o'zinin' ren'i boyınsha ko'zdi qamastratug'ın aq ren'degi Quyashın' ren'i menen hesh qanday uqsaslıg'ı joq. Quyash ottan turmaydı, ol efirdin' og'ada u'iken jıynag'ı Quyashın' jıllılıg'ı Jerdin' do'gereginde aylanıwının' barısında efir menen tasirlesiwidin' saldarınan alınadı. Kometalar tezden o'tip ketiwshi qubılıslar bolıp, olar atmosferada tez tuwıladı ha'm tez joq boladı. Qus jolı Jerdin' do'gereginde juldızlardın' tez aylanıwının' saldarınan payda bolg'an puwlanıwdan basqa hesh na'rse emes. Aspan denelerdin' qozg'alısları Jer betindegi denelerdin' qozg'alıslarına salıstırg'anda a'dewir durısraq. Sebebi aspan deneleri basqa denelerge salıstırg'anda jetilisen, sonlıqtan olar durıs ha'm sonın' menen birge en' a'piwayı tu'rde qozg'aladı. Al bunday durıs ha'm a'ipwayı qozg'alis tek do'n'gelek traektoriya boyınsha qozg'alis bolıp tabıladı... Barlıq awır deneler Jerdin' orayına karay umtıladı. Sebebi qa'legen dene A'lemnin' orayına qaray umtıladı. Sonlıqtan Jerdin' orayı qozg'almaydı ha'm ol A'lemnin' orayında jaylasqan bolıwı kerek.

O'zinin' du'nya sistemasın do'retkende Aristotel o'zinen burın jasag'an ha'm joqarıda atı atalg'an Evdoks Knidskiydin' planetalar jaylastırılğ'an ha'm Jerdin' do'gereginde aylanıwshı kontsentrlik sferalar haqqındag'ı ko'z-qarasların paydalandı. Aristotel boyınsha bul qozg'alıslardıń (sferalardıń aylanbalı qozg'alıslarının') en' birinshi sebebi «qozg'almaytug'ın juldızlar» sferasının' sırtında orılasqan ayırıqsha aylanıwshı sfera bolıp tabıladı. Bul sfera barlıq sferalardı qozg'alısqa keltiredi. Bul modelde ha'r bir planetanın' tek bir sferası g'ana shıg'ıstan batisqa qaray, al qalg'an to'rtewi qarama-qarsı bag'ıtta qozg'aladı. Aristotel usı u'sh sferanın' ta'siri sol palentag'a tiyisli bolg'an ishki u'sh sferanın' qozg'alısı menen kompensatsiyalanıwı kerek. Usınday jag'dayda g'ana Jer bag'ıtındag'ı ha'r bir kelesi planetag'a tek sutkalıq qozg'alis ta'sir etedi (demek ha'r bir planetag'a 7 sfera sa'ykes keledi eken). Solay etip Aristotel sistemasında aspan denelerinin' qozg'alısları 55 dana xrustal sferalıq qabıqlardıń ja'rdeminde ta'riplenedi eken.

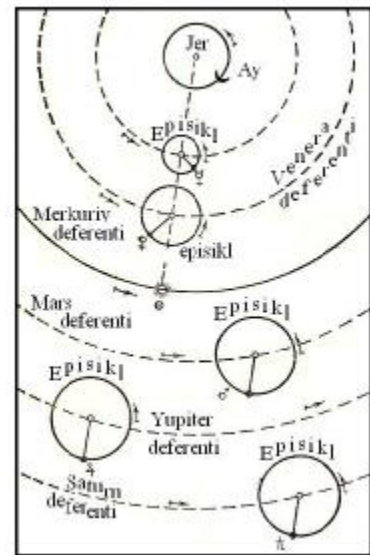
Keyinirek bul sistemada qozg'alısların bir birine beriwshi segiz qatlam ayırılıp alındı (su'wrette ko'rsetilgen). Usınday ha'r bir qatlamda berilgen planetanı qozg'altıwshı 7 sfera boladı.

Aristotel birinshiler qatarında Jerdin' o'lsheplerin anıqladı. Onın' na'tiyjesi boyınsha radius 10032 km bolıp haqıyqıy ma'nisinen 1,6 ese artıq. Qalay degen menen Aristotel zamanı ushın basqa astronomiyalıq shamalardı anıqlawda u'lken a'hmiyetke iye boldı. Bul iste grek matematigi ha'm astronomı Eratosfen (bizin' eramızg'a shekemgi 276-194 jıllar) u'lken tabısqa eristi.

Eratosfen jazdın' en' uzın ku'ni Quyashtın' nurları tal tu'ste ha'zirgi Asuanda tik bag'ıtta, al Aleksandriyada tik bag'ıttan 7 gradus 12 minutqa awısatug'ın o'lshep bildi. Asuan menen Aleksandriyanın' ara qashıqlıg'ının' 5000 Egipet stadiyasına ten' ekenligin esapqa ala otırıp Eratosfen Jer sharının' radiusının' 6290 km ekenligin taptı (ha'zirgi astronomiya boyınsha ekvator dag'ı radius 6378,39 km)⁵⁶.



Aristotel boyınsha A'lemnin' qurılısının' sxeması



Kladviy Ptolemey boyınsha A'lemnin' qurılısının' sxeması

Evklid

Evklid 275- ha'm 270-jıllar ortalıg'ında qaytı bolg'an a'yyemgi grek matematigi bolıp tabıladı. Aleksandriya qalasında bizin' eramızg'a shekemgi 3-a'sirde isledi. Ol o'zine shekemgi matematika ilimin juwmaqlastırdı ha'm bir anıq sistemag'a tu'sirdi. Onın' ustazlarının' biri joqarıda atı keltirilgen Evdoks Knidskiy boldı.

Evklidtin' tuwılğ'an waqıtı menen tuwılğ'an jılı haqqında mag'lıwmatlar saqlanbag'an. Biraq onın' Aleksandriya qalasında jasag'anlıg'ı belgili. Evklidtin' en' jemisli miynet etken da'wiri Egipette Ptolemey I Soterdin' patshalıq etken waqıtına sa'ykes keledi. Onın' Platonnan kishi, al Arximedten (bizin' eramızdan burıng'ı shama menen 287-212 jıllar) u'lken ekenligi anıq belgili. Sonlıqtan ol Platonshı boldı ha'm Platonnın' filosofiyasın jaqsı bilgen. Tariyxshılar Evklidtin' atı menen Aleksandriyadag'ı matematikanın' ayaqqa turıwın baylanıstıradı.

Evklidtin' bizge shekem jetip kelgen shıg'armaların' en' ullısı onın' 15 kitaptan turatug'ın «Baslamalar»ı bolıp tabıladı. Evklidtin' «baslamaları»nda ha'zirgi waqıtları «Evklid geometriyası» dep atalatug'ın geometriya bayanlanlang'an. Bul geometriya ken'isliktin' metrlik

⁵⁶ Belgili astrofizik Stiven Xokinnin' tastıyıqlawı boyınsha 1 stadiyanın' (stadiydin') nege ten' ekenligi anıq belgili emes. Biz bul jerde Olimpiyalıq stadiydin' 185 metrge, egipet stadiyasının' uzınlıg'ının' 157,5 metrge, «korolevskaya egipetskaya stadiya» nın' shama menen 210 metr ekenligin atap o'temiz.

qa'siyetlerin ta'ripleydi. Bul ken'islikti ha'zirgi waqitlari evklid ken'isligi dep ataydi⁵⁷. Evklid ken'isligi Tiycari Galiley ha'm Niuton ta'repinen saling'an klassikalıq fizikanın' fizikalıq qubılısları ju'retug'in arena bolıp tabıladi. Bul ken'islik u'sh o'lishemge iye, shegaralarg'a iye emes (sheksiz), bos ha'm izotrop.

Evklid ta'repinen sistemalasırılğ'an matematikanın' tiycarlari aksiomalar ja'rdemide berilgen. Biz ha'zir Evklid aksiomaların tolıg'ı menen beremiz:

I. Tiycislilik aksiomaları.

1. Qa'legen eki ha'r qıylı A ha'm B noqatlarına usı noqatlar arqalı o'tetug'in bazı bir a tuwrısı sa'ykes keledi.

2. Qa'legen eki ha'r qıylı A ha'm B noqatlarına usı noqatlar arqalı o'tetug'in tek bir sıziq sa'ykes keledi.

3. Qa'legen tuwrıg'a en' kemide eki noqat tiycisli boladı. Bir tuwrının' boyında jatpaytug'in u'sh noqat boladı.

4. Bir tuwrının' boyında jatpaytug'in qa'legen A , B ha'm C noqatlarına usı noqatlar arqalı o'tiwshi en' kemide bir α tegisligi sa'ykes keledi. Qa'legen tegislikke kemide bir noqat tiycisli boladı.

5. Bir tuwrının' boyında jatpaytug'in qa'legen u'sh A , B ha'm C noqatlarına usı noqatlar arqalı o'tetug'in tek bir tegislik tiycisli.

6. Eger a tuwrısının' ha'r qıylı bolğ'an eki A ha'm B noqatı α tegisligine tiycisli bolsa, onda usı a tuwrısının' barlıq noqatları da usı tegislikke tiycisli boladı.

7. Eger eki α ha'm β tegislikleri ulıwmalıq A noqatına iye bolatug'in bolsa, onda olar A dan basqa ja'ne kemide bir B ulıwmalıq noqatına iye boladı.

8. Bir tegislikke tiycisli bolmag'an en' kemide to'rt noqat boladı.

II. Ta'rtip aksiomaları.

1. Eger B noqatı A ha'm C noqatları arasında jaylasqan bolsa, onda A , B ha'm C lar bazı bir tuwrının' ha'r qıylı noqatları bolıp tabıladi, sonın' menen birge B noqatı C ha'm A noqatları arasında jaylasqan dep aytiwg'a boladı.

2. AC tuwrısının' boyında jaylasqan ha'r qıylı A ha'm C noqatları ushın en' kemide sonday bir B noqatı tabıladi ha'm C noqatı A menen B arasında jaylasadı.

3. Bir tuwrının' qa'legen u'sh noqatları ishinde tek birewi g'ana qalg'an ekewinin' aralıg'ında jaylasadı.

4. Meyli A , B , C lar bir tuwrıg'a tiycisli emes u'sh noqat, al a bolsa usı u'sh noqattın' hesh qaysısı arqalı o'tpeytug'in ABC tegisligindegi bazı bir tuwrı bolsın. Onda eger a tuwrısı AB kesindisin kesip o'tetug'in bolsa, onda ol BC yamasa AC kesindisin so'zsiz kesip o'tedi.

III. Ten'lik (sa'ykes keliw) aksiomaları.

1. Meyli A ha'm B lar bir a noqatının' ha'r kıylı noqatları, al A' bolsa tuwrısının' noqatı bolsın. Onda a' tuwrısında A' tı beriw menen anıqlang'an yarım tuwrılardıń birinde AB kesindisi $A'B'$ kesindisi menen betlesetug'in, yag'nıy bul kesindiler bir birine ten' bolatug'in sonday B' noqatı barlıq waqıtta da tabıladi. Bul bılayınsha belgilenedi:

$$AB \equiv A'B'.$$

2. Eger $A'B'$ ha'm $A''B''$ kesindilerinin' ha'r biri AB kesindisine ten' bolsa, onda $A'B'$ kesindisi $A''B''$ kesindisine ten' boladı.

3. Meyli a tuwrısında ulıwmalıq noqatlarg'a iye emes eki AV ha'm VS kesindileri bar bolsın ha'm sol tuwrıda yamasa bazı bir a' tuwrısında ulıwmalıq noqatlarg'a iye emes $A'B'$ ha'm $B'C'$ tuwrıları berilgen bolsın. Onda eger $AB \equiv A'B'$ ha'm $BC \equiv B'C'$ bolsa, onda $AC \equiv A'C'$ ten'ligi orınlanadı.

⁵⁷ «evklid ken'isligi» degen so'zdi kishi ha'ripler menen jazamız.

4. Meyli tegislikte h ha'm k nurları (yarım tuwrıları) arasındag'ı mu'yesh $\angle(h, k)$, a' tuwrısı ha'm og'an sa'ykes keliwshi yarım tegisliklerdin' biri berilgen bolsın. Eger h' belgisi menen belgilengen tuwrı sızıg'ı a' tuwrısının' yarım tuwrılarının' birine sa'ykes kelsin. Bunday jag'dayda $\angle(h, k)$ mu'yeshi $\angle(h', k')$ penen betlesiwı, yag'nıy

$$\angle(h, k) \equiv \angle(h', k')$$

bolıwı ushın tek bir k' yarım tuwrısı bar boladı. Qala berse $\angle(h', k')$ mu'yeshinin' barlıq ishki noqatları berilgen yarım tegislikte jatadı.

Ha'r bir mu'yesh o'zine ten', yag'nıy ba'rqulla

$$\angle(h, k) \equiv \angle(h, k)$$

ten'ligi orınlanadı.

5. ABC ha'm $A'B'C'$ u'sh mu'yeshlikleri ushın

$$AB \equiv A'B', AC \equiv A'C' \text{ ha'm } \angle BAC \equiv \angle B'A'C'$$

ten'likleri orınlanatug'ın bolsa, onda

$$\angle ABC \equiv \angle A'B'C'$$

ten'ligi de durıs boladı.

IV. U'zliksizlik aksiomaları.

1. Meyli AB ha'm CD eki iqtıyarlı kesindi bolsın. Onda AB tuwrısında AA_1 , A_1A_2 , A_2A_3 , ..., $A_{n-1}A_n$ kesindilerinin' ha'r biri CD kesindisine ten' bolatug'ın A_1 , A_2 , A_3 , ..., A_{n-1} , A_n noqatları tabıladı. Qala berse B noqatı A menen A_n nin' aralıg'ında jatadı.

2. To'mendegidey qa'siyetlerge iye a tuwrısı bar boladı: Eger a tuwrısında aling'an A_1B_1 , A_2B_2 , A_3B_3 , ... kesindilerinin' ekinshisinen baslap qalg'anlarının' ba'ri o'zinen aldın'g'ı kesindini o'z ishine alatug'ın bolsa, onda sol a noqatında barlıq kesindiler ushın ulıwmalıq bolg'an noqat tabıladı.

V. Parallellik aksioması.

Meyli a iqtıyarlı tuwrı ha'm A noqatı usı a tuwrısında jatpaytug'ın noqat bolsın. Onda a tuwrısı ha'm A noqatı arqalı anıqlang'an tegislikte usı A noqatı arqalı o'tetug'ın ha'm a tuwrısın kespeytug'ın tek bir g'ana tuwrı boladı.

Joqarıda keltirilgen bes aksiomalarda du'zilgen geometriyalıq sistema *Evklid geometriyası* dep ataladı.

Arximed

Arximed bizin' eramızg'a shekemgi 287-jılı Sitsiliya atawında jaylasqan Sirakuzalarlar qalasında tuwılg'an⁵⁸. Sol waqıtları Sitsiliya grek ma'deniyatının' en' batıs shegarası boldı. Bul jerge Platon o'zinin' qul iyelewshilik ja'miyettin' ideal qurılısın du'ziw maqsetinde kelip turg'an. Arximedtin' jashıq da'wirinde bur jerdegi patsha Pirr Grek bul jerde ma'mleketin' du'ziw maqsetinde Rimlikler ha'm Karfogenlikler menen urıstı. Urısta Arximedtin' jaqın

⁵⁸ Sirakuza (ha'zirgi waqıtları) – Sitsiliya atawının' tu'slik-shıg'ısında jaylasqan qala, port bolıp tabıladı. Al Sirakuzlar bizin' eramızdan buring'an 734-jılı tiykarı salıng'an, bizin' eramızdan buring'ı 212-jılı rimlikler ba'repinen jawlap aling'an. Sol Sirakuzlar qalasının' ornında ha'zir İtaliyanın' Sirakuza kalası jaylasqan.

tuwıskanların' biri Gieron ayrıqsha ko'zge tu'sti. Ol bizin' eramızga shekemgi 270-jılı Sirkauzların' ha'kimi da'rejesine jetti. Arximedtin' a'kesi astronom Fidiy Sirakuzalar ha'kimi Geronın' jaqınların' biri edi. Bul jag'day og'an Arximedtin' jaqsı bilim alıwına imkaniyat berdi. Biraq Arximed Afinag'a emes, al Aleksandriyag'a barıp, astronom Kanon, matematik ha'm geograf Eratosfenler menen jaqsı qatnasıqta bolg'an.

Arximed Sitsiliyag'a jetilisen matematik bolıp qayıtıp keledi. Biraq Arximedtin' da'slepki miynetlerinin' barlıg'ı da mexanikag'a arnalg'an. Arximedtin' matematikalıq jumıslarında mexanikag'a jiyi su'yengenligin atap o'tiw qızıqlı. Ol ko'plegen geometriyalıq ma'selelerdi sheshkende rıshag usılın qollanadı. Eger Arximedtin' jumısların dıqqat qoyıp qarasaq, onda onın' matematik emes, al matematikalıq fizikanın', durısırag'ı fizikalıq matematikanın' wa'kili boldı. Rıshag printsipi ha'm salmaq orayı haqqındag'ı ta'limat (Arximed nızamı menen bir katarda) Arximedtin' mexanika oblastındagı en' a'hmiyetli ilimiy jetiskenlikleri bolıp tabıladı.

Arximed tek matematik emes, al mexanik te, o'z a'wirinin' iri injeneri, mashinalar menen mexanikalıq apparatlardıń konstruktı da boldı. Ol atızlardı suwg'aratug'ın mashınanı, suw ko'teriwshi vintti islep shıqtı, a'sirese a'skeriy mashinalardıń konstruksiyaların islep shıg'ıwda ha'm olardı jetilistiriwde u'lken jetiskenliklerge eristi. Arximed a'skeriy ma'selelerge dıqqat awdarg'an ha'm ko'p ku'sh jumsag'an birinshi ilimpaz edi. A'skeriy ma'selelerge dıqqat qoyıwg'a Sarkauzdağı siyasiy jag'daylar da ma'jbu'rledi. Rim ha'm Karfagen menen bolg'an birinshi Punish urısı baslang'anda Arximed 23 jasta, al ekinshi Punish urısı baslang'anda 69 jasta edi. Usı urıstın' barısında bizin' eramızdan burıng'ı 212-jılı Arximed 75 jasında qayıtıp boldı.

Rim menen Karfagen arasındag'ı urısta Sitsiliyanı bag'ındırıp alıw ma'selesini a'hmiyetli ma'sele edi. Eki qudiretli ma'mleket te Sirakuzalardı o'z ta'repine qaradıwg'a ko'p ku'sh saldı. Gieron ha'm onın' ta'repdarları, onın' miyrasxorları g'a'rezsizlikti saqlawg'a tırtı. Biraq olar Rim menen urıstan qutılıwdın' ilajının' joqlıg'ın anıq tu'sindi. Sonlıqtan olar awır urısqa tayarlıq ko'rdi. Sirakuzalardıń qorg'anıw planlarında a'skeriy texnika ko'rinerliktey orındı iyeledi, al Arximedtin' injenerlik oylarının' bul islerde a'hmiyeti ogada ullı boldı. Arximedtin' basshılıg'ında Sirakuzalıqlar ha'r kaday maqsetlerde paydalanılutug'ın ko'p sanlı mashinalardı soqtı. Rimlikler Sitsiliyag'a qurg'aqta ha'reket etiwshi a'skerlerdi tu'sirgende ha'm Sirakuzalardıń diywallarının' arg'ı ta'repinde Rim flotı ko'ringende Arximedtin' gezegi keldi. Bul urıstın' barısın ha'm juwmaqların grek tariyxshısı Plutarx jaqsı su'wretlegen ha'm Arximedtin' a'skeriy texnikasının' ja'rdeminde Rimliklerdin' basıp alıwshılıq urısının' da'slep sa'tsiz bolg'anlıg'ın jazıp qaldırg'an. Biraq rim a'skerbasshısı Martsell o'zinin' armiyasın qa'wipsiz jerge alıp kete alğan ha'm uzıq waqıt dawam etetug'ın urıstı dawam etken. Usının' aqıbetinde Arximed o'zi tuwılğ'an qala menen birge nabıt bolg'an.

Arximedtin' fizika ilimine qatnası bar izertlewlerinin' na'tiyjelerin qarap shıg'amız.

A'yyemgi du'nyanın' texnikasının' rawajlanıwı menen kelip shıqqan tiykarg'ı problema birinshi gezekte statika problemaları edi. Qurılıs ha'm a'skeriy texnika ten' salmaqlıq ma'seleleri menen tig'ız baylanıslı edi ha'm bul salmaq orayı tu'siniginin' ju'zege keliwine alıp keldi. Qurılıs ha'm a'skeriy texnikanın' tiykarında rıshag turdı. Rıshag awır denelerdi ko'teriwge, ornınan qozg'altıwg'a mu'mkinshilik berdi. Rıshag ha'm islewi rıshagqa tiykarlang'an mashinalar ta'biyatqa «hiyle ko'rsetiwge» mu'mkinshilik berdi. Usınan «mexanika» so'zi qa'liplesti. «Mexane» grek so'zi bolıp, ol qural, qolaylastırılğ'an qural, qamalg'a alıwshı yamasa teatr mashinası, hiyle, ta'sil, jol tabıw degen ma'nisti an'latadı.

Ko'p a'sirler dawamında mexanikag'a a'piwayı statikalıq mashinalar haqqındag'ı ilim dep qarap kelindi. Onın' tiykarı Arximedtin' «Tegis figuralardıń ten' salmaqlıg'ı haqqında» kitabında bayanlang'an rıshag teoriyası bolıp tabıldı. Bul teoriyanın' tiykarında mına postulatlar jatadı:

1. Ten'dey uzınlıqtıg'ı ten'dey salmaqlar ten'lesedi, al ten'dey emes uzınlıqlarda bolsa ten'dey salmaqlar ten'lespeydi ha'm u'lken uzınlıqtıg'a salmaq u'lken boladı.

2. Qanday da bir uzunlıqlardag'ı ten' salmaqlıq ornatılğ'an bolsa, onda qanday da bir salmaqqa bir na'rse qosılsa, onda ten' salmaqlıq buzıladi, bir na'rse qosılğ'an ta'reptin' salmag'ı artadı.
3. Tap usınday awhal sol bir salmaqta bir na'rse alıp taslasa da baqlanadı, biraq hesh na'rse alıp taslanbag'an salmaq basım keledi.

Bul postulatlardın' durıs ekenliginin' texnikalıq praktikada anıq tekserilip ko'rilgenligine gu'man joq. Usı postulatlarg'a tiykarlanıp Arximed mina teoremlardı da'lilledi:

1. Salıstırılattug'ın shamalar olardıń salmaqlarına keri proporsional bolğ'an uzunlıqlarda ten'lesedi.
2. Eger shamalar salıstırılmaytug'ın bolsa da olardıń salmaqlarına keri proporsional bolğ'an uzunlıqlarda ten'lesedi.

Bul teoremlardag'ı «salıstırılattug'ın shamalar», «salıstırılmaytug'ın shamalar» dep rıshagqa ta'sir etetug'ın ku'shlerdi tu'siniwimiz kerek. Sonın' menen birge bul teoremlar rıshag nızamının' birinshi da'l formulirovkası bolıp tabıladi.

Rıshag nızamınan basqa Arximedtin' «Tegis figuralardıń ten' salmaqlıg'ı haqqında» kitabında u'sh mu'yeshliktin', parallelogrammnın', trapetsiyanın', parabolalıq segmenttin' qaptal ta'repleri parabolanın' dog'aları bolıp tabılattug'ın trapetsiyanın' salmaq oraylarınan' anıqlamaları bar.

«Salmaq orayı» tu'sinigine Arximed ta'repinen berilgen anıqlama bizin' eramızdın' III a'sirdin' aqırında jasag'an Papp Aleksandriyskiydin' shıg'armasında ushırasadı. Bul anıqlama minadan ibarat: «Ha'r bir denenin' awırlıq orayı onın' ishinde jaylasqan bazı bir noqat bolıp tabıladi, eger sol noqatqa oyımızda aling'an bir deneni ildirsek, onda (salmaq orayı haqqında ga'p etilip atırg'an) dene tınıshlıqta qaladı ha'm da'slepki halın saqlaydı». Bul anıqlamanı tu'siniw ushın Jer betinde ten' salmaqlıqta turg'an deformatsiyalanbaytug'ın deneni na'zerde tutıw kerek. Mısalı Jer betinde deformatsiyalanbaytug'ın fundamenttin' u'stinde turg'an shar ta'rizli denenin' orayına oyımızda bir deneni ildirsek, onda shar ta'rizli denenin' qozg'almay tura beretug'ınlıg'ı ba'rshemizge de ma'lim.

Biz joqarıda Arximedtin' mexanika boyınsha alg'an na'tiyjelerin matematikalıq na'tiyjeler alıw ushın paydalang'anlıg'ın atap o'tıp edik. Usınday jollar menen ol rızag nızamın parabolalıq segmenttin' maydanın ha'm shardın' ko'lemin esaplaw ushın paydalang'an. Arximedtin' bul esaplawları integral esaplawdın' en' baslang'ısh ko'rinishleri edi.

Endi «Arximed nızamı» dep atalattug'ın nızamnın' ashılıwı haqqında ga'p etemiz. Bul nızam haqqında onın' «Ju'ziwshi deneler haqqında» atlı shıg'armasında bayanlang'an.

Sirakauzlar qalası ten'iz boyında jaylasqan ha'm kemeler sog'ılatug'ın qala bolğ'an. Bul jerde denelerdin' ju'ziw ma'seleleri ha'r ku'ni a'meliy tu'rde sheshildi ha'm sonlıqtan bul ma'selenin' ilimiy tiykarın salıw Arximedke ayırıqsha a'hmiyetli bolıp ko'rindi. Ol tek denelerdin' suyıqlıqlardag'ı ju'ziw sha'rtin g'ana emes, al ha'r qıylı geometriyalıq formag'a iye ju'ziwshi denelerdin' ten' salmaqlıqta turıw sha'rti ma'selensin de qarap shıqtı. Arximed ta'repinen aling'an na'tiyjelerdin' ha'zirgi waqıtlardag'ı formulirovkası (usı paragrafta berilgen) tek XIX a'sirde g'ana do'retili.

Bul shıg'arma suyıqlıqlardıń ta'biyatın bayanlawdan baslanadı. Arximed boyınsha suyıqlıqlardıń ta'biyatı minaday: birdey qa'ddide jaylasqan ha'm bir birine tiyip turg'an onın' bo'lekshelerinen kishirek qısılg'anları ko'birek qısılg'an bo'leksheler ta'repinen qısıp shıg'arıladi, onın' bo'lekshelerinin' ha'r biri to'mende jaylasqan suyıqlıq ta'repinen qısıladı. Bul anıqlama Arximedke tiykarı anıqlamanı keltirip shıgarıwg'a mu'mkinshilik beredi: Tınıshlıqta turg'an qa'legen suyıqlıqtın' beti orayı Jerdin' orayında jaylasqan shar formasına iye boladı.

Solay etip Arximed Jerdi shar dep ha'm Jerdin' salmaq maydanında ten' selmaqlıqta turg'an awır suyıqlıqtın' betin sfera ta'rizli esaplaydı. Bunnan keyin ol suyıqlıq penen birdey salıstırmalı

salmaqqa iye deneler (Arximed da'wirinin' terminologiyası boyınsha suyuqlıq penen birdey samaqlıqqa iye deneler) bul denelerdin' beti suyuqlıqtın' beti menen ten' bolatug'ınday halda suwg'a batadı. Sonın' menen birge denenin' suwg'a batqan bo'liminin' ko'lemine ten' suwdın' salmag'ı denenin' barlıq salmag'ına ten'. Bul jerde Arximedte sol waqıtlarga shekem belgisiz bolg'an salıstırmalı salmaq tu'sinigi ju'zege keltiriledi. Logikalıq talqılawlar ja'rdeminde Arximed onın' nızamının' ha'zirgi waqıtlardag'ı formulirovkasın o'z ishine qamtıytug'ın mınaday jag'daylarg'a keledi:

VI. Suyuqlıqqa batırılğ'an ha'm suyuqlıqqa salıstırğ'anda jen'ilirek dene suyuqlıq ta'repinen ko'lemi denenin' ko'lemine ten' suyuqlıqtın' salmag'ınday ku'sh penen joqarığ'a qaray ma'jbu'riy tu'rde iytiriledi.

VII. Suyuqlıqqa salıstırğ'anda salmag'ı ko'p dene usı suyuqlıqtın' tu'bine tu'skenshe batadı ha'm onın' salmag'ı usı denenin' ko'lemine ten' ko'lemdegi suyuqlıqtın' salmag'ına ten' shamag'a jen'il boladı.

Arximed nızamı gidrostatikanın' tiykarg'ı nızamlarının' biri bolıp, a'dette qozg'almaytug'ın suyuqlıqta ten' salmaqıqta turg'an deneler ushın qollanıladı ha'm ha'zirgi waqıtları mınaday mazmung'a iye: *Suyuqlıq o'zine tu'sirilgen denege vertikal bag'ıtta sol dene ta'repinen qısıp shıg'arılğ'an suyuqlıqtın' salmag'ına ten' ku'sh penen ta'sir etedi.* Arximed nızamı gazler ushın da orınlanadı. Sonlıqtan onı tolıq etip bilayınsha aytamız: *Suyuqlıq yamasa gaz o'zine tu'sirilgen denege vertikal bag'ıtta sol dene ta'repinen qısıp shıg'arılğ'an suyuqlıqtın' yamasa gazdin' salmag'ına ten' ku'sh penen ta'sir etedi.*

Arximed nızamının' orınlanıwı ushın denenin' suyuqlıqta ten' salmaqıq xalda turıwının' za'ru'r ekenligin esapqa alsaq Arximed nızamın bilayınsha ayqınlastıramız: *Eger suyuqlıqqa batırılğ'an dene ten' salmaqıq halda uslap turılatus'ın bolsa, onda denege qorshag'an suyuqlıqtın' gidrostatikalıq basımnan payda bolatus'ın qısıp shıg'arıwshı kush ta'sir etip, bul ku'shtin' shaması dene ta'repinen qısıp shıg'arılğ'an suyuqlıqtın' salmag'ına ten'. Bul qısıp shıg'arıwshı ku'sh joqarı qaray bag'utlang'an ha'm dene ta'repinen qısıp shıg'arılğ'an suyuqlıqtın' massa orayı arqalı o'tedi.*

Solay etip Arximed ta'repinen fizika ilimine mınalar kirgizildi: salmaq orayı, statikalıq moment, salıstırmalı salmaq tu'sinikleri, rıshaglardın' ten' salmaqıq nızamı, gidrostatikanın' tiykarg'ı nızamı (Arximed nızamı). Bul Arximedtin' ilimnin' eki bo'limi bolg'an statika menen gidrostatikanın' tiykarın salg'anlıg'ın an'latadı.

Klavdiy Ptolemey

Bizin' eramızg'a shekem da'l ilimge aylang'an astronomiyanın' Evropadag'ı rawajlanıwı astronom-matematik Klavdiy Ptolomeydin' (bizin' eramızdın' 90-168 jılları) jumıslarında en' joqarı da'rejege jetti⁵⁹. Onın' 13 kitaptan turatug'ın «Astronomiya boyınsha matematikalıq traktatı» atlı miyneti adamzat ma'deniyatı tariyxının' en' ullı esteliklerinin' biri bolıp tabıladı. Da'slep bul kitap avtordın' jazıwı boyınsha «Megale sintaksis» dep ataladı. Ha'zirgi waqıttag'ı bul kitaptın' atı «Almagest» arab astronomlarının' ta'sirinde payda bolg'an. Tipografiyalıq usıl menen bul miynet birinshi ret latin tilinde arab tilinen awdarma retinde qaytadan basıldı. Nemets tilinde «Almagest» Leyptsigte 1912 ha'm 1963 -jılları basıldı.

«Almagest» rus tiline de awdarıldı ha'm 1998-jılı jarıq ko'rde (Moskva. «Nauka» baspası. 1998-jıl. 672 bet). Bul awdarma internet tarmag'ında erkin tarqatılmaqta.

«Almagest» tin' avtordın' o'mirbayanı haqqında mag'lumatlar ju'da' kem. Tek g'ana onın' Egipette tuwılğ'anlıg'ı, 127-141 jılları Aleksandriyada baqlawlar ju'rgizgeni ha'm shama menen 168-jılı qaytı bolg'anı belgili. Sonlıqtan ko'pshilik avtorlar K.Ptolomeydi Aleksandriyalı ilimpaz dep te ataydı.

«Almagest» te avtor o'zinin' Rim imperatorları Adriannın' (117-138) ha'm Antonin Piydin' (138-161) baskarıw da'wirlerine baqlawlar ju'rgizgenligin jazadı. Olardan en' da'slepkileri 127-

⁵⁹ Bul paragraftag'ı jıllar bizin' eramızg'a tiyisli. Bizin' eramızdan buring'ı jıllar atap o'tiledi.

jıl 26-mart ku'ni, al en' keyingisi 141-jıl 2-fevral ku'ni o'tkerilgen. «Almagestten keyin de K.Ptolemey bir neshe kitaplar, sonın' ishinde «Geografiya» ha'm «Optika» miynetlerin jazg'an (bul kitaplardı jazıw ushın og'an keminde 20 jıl kerek boldı). Bul mag'lıwmatlar Ptolemeydin' Rim imperatorı Mark Avreliy (161-180) da'wirinde de tiri bolg'anlıg'ın ko'rsetedi. Aleksandriyalı filosof Olimpiodordin' (bizin' eramızdın' VI a'siri) qaldırgan mag'lıwmatları boyınsha Ptolemey Nil da'ryasın' batıs ta'repinde jaylasqan Kanop qalasında (ha'zirgi waqıtlardag'ı Abukir qalası) 40 jıl astronom bolıp islegen. Bul mag'lıwmatqa Ptolemeydin' «Almagest» kitabına kirgizilgen barlıq baqlawlar Aleksandriya kalasında kalasında ju'rgizdi degen mag'lıwmatlar qayshı keledi. Ptolemey atının' o'zi onın' egipette kelip shıqqanlıg'ınan derek beredi, ol shaması Egipettegi ellinistlik ma'deniyattı qollaytug'ın greklerge kiretug'ın bolsa kerek. Al «Klavdiy» latin atı onda Rim puqaralıg'ı boldı dep boljaw aytıwg'a tiykar beredi. A'yyemgi da'wirlerden ha'm orta a'sirlerden qalg'an tariyxıy dereklerde Ptolemeydin' o'miri haqqında ko'p sanlı mag'lıwmatlar bar. Biraq olardıń durılıg'ın tastıyıqlawg'a da, biykarlawg'a da bolmaydı.

Ptolemeydin' a'tırıpındag'ı ilimiy adamlar haqqında da anıq bir na'rseni aytıw mu'mkin emes. «Almagest» ha'm onın' ja'ne de bir katar shıgarmaları («Geografiya» ha'm «Garmonika» shıg'armalarınan basqası) qanday da bir Sirge bag'ıshlang'an. Bul at biz qarap atırg'an da'wirdegi ellenlik Egipet ushın ta'n na'rse. Si haqqında basqa hesh qanday mag'lıwmatlar joq. Onın' astronomiya menen shug'ıllang'anlıg'ı haqqında da hesh qanday mag'lıwmat saqlanbag'an. Sonın' menen birge Ptolemey o'zinin' kitabında qanday da bmr Teon ta'repinen 127-132 jılları alıng'an astronomiyalıq mag'lıwmatlardı paydalang'an. Biraq sol Teon haqqında da isenimli mag'lıwmatlar saqlanbag'an. «Almagest» ti jazıw ushın Ptolemeyge ko'p sandag'ı ja'rdemshilerdin' kerek bolg'anlıg'ın atap o'tiwimiz kerek. Sebebi bul kitaptag'ı astronomiyalıq kestelerdi esaplap shıgıw ushın og'ada u'lken ko'lemdegi esaplaw jumısların' isleniwi talap etiledi. Ptolemeydin' da'wirinde Aleksandriya qalası ele iri ilim orayı bolıp turdı. Bul kalada ko'p sanlı ilimiy kitapxanalar bar edi. SHaması Ptolemey kitapxana xızmetkerleri menen tıg'ız baylanista bolg'an ha'm sol xızmetkerler og'an za'ru'r bolg'an qol jazbalardı alıp kelip berip turg'an.

Ayyemgi grek astronomları (Egipet ha'm Vavilon astronomları da) aspan denelerinin' qozg'alısların' ten' o'lsheqli emes ekenligin an'g'arg'an (mısalı olar sırtqı planetalar bolg'an Mars, IUpiter ha'm Saturnnın' geypara waqıtları keri bag'ıtta da qozg'alatug'ınlıg'ın baqlag'an). Usıg'an baylanıslı Ptolemeyge shekemgi astronomiyadag'ı a'hmiyetli qa'dem eksoraylar menen epitsikllardıń oylap tabılıwı bolıp tabıladı. Eksoraylar menen epitsikllardıń ja'rdeminde astronomlar ten' o'lsheqli ha'm shen'ber ta'rizli qozg'alıslar tiykarında neliklen aspan denelerinin' qozg'alısın' ten' o'lewli emes ekenligin, al geyde keri bag'ıttag'ı qozg'alıstın' baqlanatug'ınlıg'ın tu'sindire aldı. Bul iste bizin' eramızdan buring'a II asirde jasag'an Gipparx a'dewir u'lken jetiskenliklerge eristi. Ol eksoraylar ha'm epitsikllar modeli tiykarında Quyashtın' ha'm Aydın' qozg'alıs teoriyaların do'retti. Bul teoriyalardıń ja'rdeminde qa'legen waqıt momentindegi Quyash penen Aydın' koordinataların esaplaw mu'mkinshiligi payda boldı. Bmraq Gipparxqa usınday teoriyalardı planetalar ushın du'ze almadı. Sebebi planetalar ushın baqlaw mag'lıwmatları jetkiliksiz edi.

Biz usı jerde Gipparxka astronomiyadagı ogada ullı jetiskenliklerdin' tiyisli ekenligin atap o'temiz. Olar mınalar: pretsessiyanın' ashılıwı, juldızlar katalogının' do'retiliwi, Aydın' paralaksın o'lsheqlı, Kuyash penen Ay arasındag'ı qashıqlıqtı anıqlaw, Ay tutılıwdın' teoriyasın islep shıg'ıw, astronomiyalıq a'sbaplardı konstruksiyalaw (mısalı armillyar trubanı), usı ku'nlerge shekem a'hmiyetin jog'altpag'an ko'p sanlı baqlawlardı o'tkeriw ha'm basqalar.

Ptolemeydin' miyneti da'slep «13 kitaptan turatug'ın matematikalıq shıg'arma» dep ataldı. A'yyemgi da'wirdin' en' aqırg'ı da'wirleri bul kitaptı «Ullı shıg'arma» yamasa «En' ullı» dep atay basladı (sebebi sol da'wirleri a'yyemgi astronomiya boyınsha «Kishi toplam» bar edi ha'm sol toplamg'a salıstırg'anda «Almagest» haqıyqatında da «Ullı» yamasa «En' ullı» edi). IX a'sirde «Matematikalıq shıg'armanı» arab tiline awdarg'anda «En' ullı» grek so'zi «al-medjisti» tu'rinde awdarılğ'an. Bunnan shıg'armanın' latin so'zlerine uqsas «Almagest» atı payda bolg'an.

Bul jerde mina jag'daydı atap aytıw maqsetke muwapıq keledi. Ptolemeydin' «13 kitaptan turatug'ın matematikalıq shıg'arma» sı jazılğ'annan keyin ko'p uzamay Evropada joq bolıp ketken bolsa kerek. SHıg'armanı arablar o'z tiline awdarıp alg'an ha'm ko'p a'sirler dawamında musulman ellerinde ken'nen tarqalg'an. Bunı biz A'l Beriuniydin' shıg'armalarından da bilemiz. Al keyinirek Evropalıqlar o'z tiline «Almagesti» arab tilinen awdarg'an.

«Almagest» on u'sh kitaptan turadı. SHıg'armanı kitaplarg'a bo'liwdı Ptolemeydin' o'zinin' ju'rgizgenligine gu'man joq. Al kitaplardı baplarg'a bo'liw keyinirek basqa avtorlar ta'repinen orınlang'an.

«Almagest» birinshi gezekte teoriyalıq astronomiya boyınsha oqıwlıq bolıp tabıladı. Bul kitap Evklidtin' geometriyasın, sferikanı ha'm logistikanı biletugin tayarlıg'ı bar oqıwshı ushın arnalg'an. «Almagest» tegi tiykarg'ı sheshiliwi kerek ma'sele vizualıq baqlawlar mu'mkinshilikleri da'lliginde jaqtırtqıshlardın' aspan sferasındag'ı iyelep turatug'ın orınların qa'legen waqıt momenti ushın aldın ala esaplaw bolıp tabıladı (mısalı «Almagest» tin' ja'rdeminde Venera planetasınin' 2008-jılı 1-oktyabr ku'ni aspan sferasınin' kay noqatında turatug'ınlıg'ın esaplaw mu'mkin). «Almagest» te sheshiletug'ın ekinshi a'hmiyetlik ma'sele jaqtırtqıshlardın' qozg'alıwına baylanışlı baqlanatug'ın ayırıqsha qubılıslardı (Aydın', Quyashın' tutılıwları, parallakstı anıqlaw, planetalar menen juldızlardın' shıg'ıwı ha'm batıwı, Quyash ha'm Ayg'a shekemgi qashıqlıqlardı esaplaw, basqa da kubılıslar) qashan bolatug'ınlıg'ın ha'm basqa da parametrlerin aldın ala esaplaw shıg'arıw bolıp tabıladı. Usı ma'selelerdi sheshiwde Ptolemey bir neshe etaplardı o'z ishine qamtıytug'ın standart metodikanı qollanadı. Olar to'mendegiler:

1. Aldın-ala o'tkerilgen (da'l emes) baqlawlar na'tiyjeleri ja'rdeminde jaqtırtqıstın' qozg'alısındagı xarakterli bolg'an o'zine ta'n jag'daylar esapka alınadı ha'm baqlanıwshı modelge en' jakın keletugin kinematikalıq mole saylap alınadı. Birdey itimallıqqa iye modeller arasında ayqın bir modeldi saylap alıw «a'piwayılıq printsipi» tiykarında ju'rgiziledi.
2. Qabıl etilgshen model tiykarında, o'zinin' ha'm o'zinen buring'ılardı baqlawların paydalanıp Ptolemey mu'mkin bolg'anınsha joqarı da'llikte jaqtırtqıstın' qozg'alısınin' da'wirin, modeldin' geometriyalıq parametrlerin (epitsikl radiusı, ekstsentrisitet, uzınlıqtı apogeydi ha'm basqalardı), jaqtırtqıstın' qozg'alısın xronologiyashlıq shkalag'a baylanıstırıw ushın jaqtırtqıshlardın' kinematikalıq sxemanın' iqtıyarlı tu'rde belgilenip aling'an noqatları arqalı o'tiwin anıqlaydı.
3. Kinematikalıq modeldin' geometriyalıq, tezliklik ha'm waqıtlıq parametrlerin anıqlap bolg'annan keyin Ptolemey kestelerdi du'ziwge o'tedi. Bul kestelerdin' ja'rdeminde iqtıyarlı waqıt momentindegi jaqtırtqıstın' koordinataları esaplanadı. Bunday kesteler tiykarında sızıqlı ha'm bir tekli waqıt shkalası tu'sinigi tur. Bunday waqıttın' baslang'ın nokarı retinde Nabonassar erasınin' bası qabıl etilgen (-746-jıl, 26-feral, haqıyqıy tu's). Kestede keltirilgen qa'legen shama quramalı esaplawlardın' ja'rdeminde esaplanadı. Bul jerde Ptolemey Evklid geometriyasın, logistika qag'ıydaların og'ada jaqsı bilgenligin ko'rsetedi. En' akırında kestelerdi paydalanıw qag'ıydaları berilgen, al ayırım orınlarda esaplawlar mısalları da keltirilgen.

«Almagest» te materiallardı bayanlaw qatan' logikalıq xarakterge iye. I kitaptın' basında du'nyanın' tutası menen aling'andag'ı qurılısına baylanışlı bolg'an ulıwmalıq ma'seleler ha'm onın' en' ulıwmalıq matematikalıq modeli berilgen. Bul jerde Jer menen aspannın' sfera ta'rizli ekenligi, Jerdin' orayda ekenligi ha'm onın' tınıshlıqta turatug'ınlıg'ı, aspannın' o'lishemlerine salıstırganda Jerdin' o'lishemlerinin' og'ada kishi ekenligi da'llilengen. Asap sferasında eki tiykarg'ı bag'ıt bolg'an ekvator menen ekliptika saylap alınadı. Bul tegisliklerge parallel bag'ıtta aspan sferasınin' sutkalıq aylanısı ha'm jaqtırtqıshlardın' da'wirlik qozg'alısları ju'zege keledi.

II kitap tutası menen sferalıq astronomiya ma'selelerine bag'ishlang'an. Bul ma'selelerdi sheshiw ushın jaqtırtqıshlardın' koordinataların waqıttın' funktsiyası sıpatında biliw talap etilmeydi.

III kitapta Quyashtın' qozg'alıs teoriyası bayanlang'an. Bul teoriya Quyashtın' jılınıń' uzınlıg'ın, kinematikalıq modeldi saylap alıwdı ha'm tiykarlawdı, onıń' aparmetrlerin anıqlawdı, Quyashtın' uzınlıg'ın (dolgota) esaplaw ushıg kestelerdi du'ziwdı o'z ishine aladı. En' akırğı bo'limde waqıt ten'lemesi tu'sinigi izertlenedi. Quyashtın' teoriiyası Ay menen juldızlardın' qozg'alısın u'yreniwidin' tiykari bolıp tabıladı. Ay tutılıw waqıtlardag'ı Aydın' uzınlıg'ı Quyashtın' belgili bolg'an uzınlıg'ı tiykarında esaplanadı. Juldızlardın' koordinataların da tap sonday jollar menen esaplanadı.

IV-V kitaplar Aydın' uzınlıq ha'm ken'lik boyınsha qozg'alıw teoriiyasına bagışlang'an.

VI kitap tolig'ı menen Ay ha'm Quyashtın' tutılıwları qubılısın toeriiyasına bag'ishlang'an.

VII ha'm VIII kitaplarda juldızlar katalogı bar ha'm qozg'almaytug'ın juldızlarga baylanışlı bolg'an bir qatar ma'seleler qarap shıg'ılǵ'an. Bul keste 1022 den 1030 g'a shekem juldızdın' diziminen turadı dep aytıw mumkin. Eger keste keltirilgen barlıq juldızdı sanasan'ız 1027 kelip shıg'adı. Biraq solardın' besewi belgili juldızdı eki ret qaytalawdan payda bolg'an. Keyinirek ja'ne besewinin' juldız emes, al dumanlıq (galaktika) ekenligi ma'lim boldı. Sonlıqtan ha'zirgi waqıtları Ptolomeydın' juldızlar kestesinde 1017 juldız bar dep anıq ayta alamız.

Ptolomey kestesindeki juldızlardın' ko'pshiligi joqarıda aytlıg'an Gipparx baqladı. Sonlıqtan kestenin' tiykarg'ı avtorı retinde Gipparxtı qabil etiwimiz kerek. Ekinshiden, Ptolomey o'zi baqlag'an juldızlardın' koordinataların o'lshegende tiykarg'ı salıstırıw ushın qabil etilgen juldızdın' koordinataları retinde qa'te sanlardı qabil etti. U'shinshiden, Ptolomey Gipparx ta'repinen anıqlang'an juldızlardın' uzınlıq koordinatasına pretsessiya qubılısına kirgiziletug'ın du'zetiw retinde tiykarsız 1 mu'yeshlik gradustan qosıp shıqtı. Bul astronomiya tariyxında islengen u'lken qa'telik edi. Bunday qa'telikler birinshi ret Ptolomey ta'limatı boyınsha 509-jılı 17-iiul ku'ni baqlanıwı kerek bolg'an Mars penen IUpiterdin' bir-birinin' artına jaylasıwının' 13-iiul ku'ni baqlang'anlıg'ınan tabıldı. Biraq usınday jag'daylarga qaramay Ptolomeydın' abıroyının' sebebinen mın'lag'an jıllar dawamında «Almagest» te keltirilgen sanlar durıs dep qabil etilip keldi.

IX-XIII kitaplarda planetalardın' uzınlıq ha'm ken'lik boyınsha qozg'alısların toeriiyası bayanlang'an. Planetalardın' qozg'alısları bir birinen ajratıp alıng'an tu'rde qarap shıg'ıladı. Sonın' menen birge uzınlıq boyınsha qozg'alıs o'z aldına, ken'lik boyınsha qozg'alıs o'z aldına qaraladı. Uzınlıq boyınsha qozg'alıslardı ta'riplegende Ptolomey Merkuriy, Venera, joqarı planetalarga ssa'ykes u'sh kinematikalıq modeldi paydalanadı. Bul jerde ekvant yamasa ekstsentrisitet bisseksiyası dep atalıwshı a'hmiyetli jetilistiriw paydalanılǵ'an. Bul esaplaw na'tiyjeleri da'lligin a'piwayı eksoraylıq modeldin' da'lliginen u'sh ese jokarılatqan.

«Almagest» te bayanlang'an planetalardın' qozg'alıs teoriiyası Ptolomeydın' tek o'zine tiyisli ekenligin atap otemiz.

Solay etip Klavdiy Ptolomey du'nyanın' geooraylıq sisteması tiykarında o'zinin' astronomiyalıq izertlewlerin ju'rgizdi. Ol o'zinen burıng'ı astronomlardan u'lken miyras aldı, bizin' eramızg'a shekem astronomiyalıq a'spablar (tiykarınan mu'yeshti o'lsheytug'ın) biraz jetilistirildi.

Ptolomey boyınsha ha'r bir planeta epitsikl dep atalatug'ın kishi shen'ber boyınsha ten' o'lshewli qozg'aladı (su'wrette keltirilgen). Epitsikldın' orayı o'z gezeginde deferent dep atalatug'ın u'lken shen'berdin' boyı boyınsha qozg'aladı. Usınday jollar menen Ptolomey planetalardın' Jerden qarag'anda baqlanatug'ın quramalı qozg'alısların tu'sindirdi.

Biz grek astronomiyasındag'ı tiykarg'ı nızamlardın' fizikalıq emes, al geometriyalıq nızamlar bolg'anlıg'ın atap o'temiz. Grek ilimpazları, olardın' ishinde Klavdiy Ptolomey de aspan deneleri belgili bir geometriyalıq modeller boyınsha qozg'aladı dep esapladı. Al XXI a'sirde jasap atırg'an biz aspan denelerinin' qozg'alısın anıq fizikalıq nızamlar basqaradı dep esaplaymız.

Biz anıqlıq ushın ja'ne de bir qansha paydalı mag'lıwmatlar beremiz.

Astronomiyadag'ı ba'rshege en' anıq ko'rinip turatug'ın qozg'alıs Jerdin' a'tirapındag'ı aspannıń' sutkalıq aylanısı bolıp tabıladı. Bunday qozg'alıs bizge ku'n menen tu'ndi almasırtıp turadı. Bunnan keyingi seziletug'ın qozg'alıs Aydın' Quyashtın' salıstırg'andag'ı qozg'alısı bolıp

tabiladı. Bul qozg'alıstın' saldarınan biz ay fazalarınnı' izbe-izligin ko'remiz: jan'a tuwılg'an Ay, yarım Ay, tolıq Ay, bunnan keyin bugan qarama-karsı izbe-izlik ketedi. Bul qozg'alıs Quyashtın' juldızlarg'a salıstırğ'andag'ı qozg'alısına qarag'anda a'dewir ko'zge tu'serlik, ayqın qozg'alıs bolıp tabıladı.

Eger Aydı Jerdin' do'gereginde aylanadı dep qabil etsek, onda bul boljaw Ay fazalarınnı' o'zgerislerin an'sat tu'sindiredi. Bunday aykın tu'rdegi tu'sindiriw erteden baslap Grek astronomiyasında qabil etildi, ha'zirgi ku'nderi biz de usınday jag'daydı durıs dep qabil etemiz. Biraq basqa barlıq qozg'alıslardıń barlıg'ı da grek ilimpazları arasında u'lken aytıs-tartıstı payda etti. Bul tartıs ha'zirgi waqıtları biz qabil etken modelge qarama-karsı modeldi qabil etiw menen pittı⁶⁰.

Grek ilimpazları astronomiyada tek salıstırmalı qozg'alıstın' g'ana a'hmiyetli ekenligin a'dewir erte tu'sindi. Sutkalıq qozg'alıstı tu'sindirip, olar Jerdi qozg'almaydı, al aspan deneleri Jerdin' do'regeginde aylanadı dep esaplawg'a da, aspandı qozg'almaydı dep, al Jerdi o'z ko'sheri do'gereginde aylanadı dep esaplawg'a da bolatug'ınlıg'ın moyınladı. Top sol sıyaqlı minanı aytıwg'a boladı: Quyashtın' qozg'alıstı tu'sindirip, al Jer onın' do'gereginde bir jıl bir ret aylanıp shıg'adı yamasa Jer qozg'alıstı tu'sindirip, al Quyashtın' do'gereginde bir jıl bir ret aylanıp shıg'adı⁶¹. Bul pikirdin' qa'legen birewi sa'ykes astronomiyalıq qubılıstı tu'sindire aladı.

Jerdin' qalay qozg'alatug'ınlıg'ın a'yyemgi greklerden' qalay ko'z aldına keltirgenligin tu'sindiriw ushın ha'zirgi zaman ilimi ushın a'hmiyetli bolgan kinematika menen dinamika arasındag'ı ayırmanı eske salıp o'teyik. Kinematika ilimnin' qozg'alıstı ta'riplew menen shıg'ıllanatug'ın bo'limi. Al dinamika bolsa qozg'alıs penen ku'sh arasındag'ı qatnastı u'yrenetug'ın ilim. Eger bizdi dinamika kızıqtıratug'ın bolsa, onda biz Jer Kuyashtın' do'gereginde aylanadı dep esaplaymız. Eger biz tek kinematika menen kızıg'atug'ın bolsaq, onda ha'tte hazirgi zaman astronomiyasında da biz Quyashtın' do'gereginde aylanadı dep esaplaymız. Bul qozg'alıstın' salıstırmalıq printsipin atap ko'rsetedi. Bul printsip a'yyemgi greklerden kelip shıqtı. Solay etip biz en' a'piwayı ta'riplewdi (modeldi) saylap alıwda erkin ekenbiz, al a'piwayı tu'sindiriwdin' bolsa o'zi bızın' neni isleyin dep atırğ'anlıg'ınmızdan g'a'rezli.

Ko'pshilik grek filosofları ha'm astronomları ushın astronomiya ha'm fizika bir birinen ku'shli ayırması bar edi. Sebebi astronmiyanın' en' aqırğ'ı maqseti ta'riplew, al fizikanın' en' aqırğ'ı maqseti haqıykatlıqtı tabıw bolıp tabıladı. Sonlıqtan grek astronomiyası grek fizikasına salıstırğ'anda og'ada u'lken jetiskenliklerge eristi. Astronomiyag'a aspanda ko'rinetug'ın barlıq qubılıslardı jıynaw ha'm sol qubılıslardı a'piwayı tu'rde ta'riplew ma'selesini ju'klendi. Bizler qubılıslardı jetkilikli da'rejede jaqsı tu'sindire almaytug'ın bolg'anlıqtan ha'm Jer tınıshlıqta tur ma yamasa qozg'alısta ma ma'selesinen shıg'a otırıp Jerdin' qozg'alısı haqqındag'ı, onın' o'zinin' ko'sheri do'gereginde aytanatug'ınlıg'ı yamasa aylanbaytug'ınlıg'ı, onın' Quyashtın' do'gereginde aytanatug'ınlıg'ı yamasa aylanbaytug'ınlıg'ı ma'selesinin' astronomiyalıq ma'sele emes ekenligine isenemiz. Bul ma'sele fizikanın' ma'selesini bolıp tabıladı.

O'zlerinin' miynetlerinde ko'plegen grek filosofları o'zlerinin' qudayg'a teren' isenetug'ınlıg'ın bildirdi ha'm sonlıqtan olarda joqarıda qoyılğ'an Jer aylanama, Jer tınıshlıqta tura ma degen sorawlarg'a juwap beriwde hesh bir kiyınshılıqqa duwshakerlespedi. Olar Jerdi tolıq tınıshlıqta, A'lemnin' orayında jaylasqan dep a'piwayı g'ana juwap berdi.

Qalay degen menen K.Plotomey o'zinin' «Almagest» shıgarması menen astronomiya tariyxında u'lken estelik qaldırdı. A'dillik ushın adamzat tariyxında ta'biyattanıw boyınsha

⁶⁰ YAg'nıy A'lemnin' orayı shar ta'rizli Jerdin' orayı degen modeldi.

⁶¹ Aylanıwdın' da eki tu'ri bar ekenligin eske salamız. Birinshiden Jerdin' o'z ko'sheri do'geregindegi sutkalıq aylanıp shıg'ıwınnı' saldarınan Quyashtın' do'gereginde bir sutkada bir ret aylanatug'ınday bolıp ko'rinedi. Bunday aylanıstı orıssha a'debiyatlarda «vramenie» dep ataydı. Al sonın' menen birge Kuyashtın' do'geregindegi Jerdin' aylanıwı da (qozg'alıstın' salıstırmalılıg'ı printsipi boyınsha biz Jerdin' do'gereginde Kuyashtın' aylanıwınnı' saldarınan dep te ayta alamız) bar. Orıs tilindegi a'debiyatta bunday aylanıwdı «obramenie» dep ataydı. Ga'p ha'zir Quyashtın' do'geregindegi Jerdin' yamasa Jer do'gereginde Quyashtın' aylanıwı haqqında aytilip atır.

shıqqan en' a'hmiyetli eki-u'sh miynettin' ishindegı birewinin' «Almagest» ekenligin ayıp o'tiwimiz kerek.

Ptolomey astronomiyası sol waqıtqa shekemgi astronomiyanın' shın'ı bolıp tabıladı. Onın' atı menen a'yyemgi Gretsiyadag'ı aspan denelerinin' qozg'alıs nızamlıqları haqqındag'ı ilim pitedi. Bizin' a'sirimizdin' basında ha'wıj alg'an xristian dini Evropada ilimnin' bunnan bılayg'ı rawajlanıwına u'lken ziyanın tiygizdi.

Astronomiyanın' bunnan bılay rawajlanıwı Arab ellerine ha'm Oraylıq Aziyag'a o'tti.

Orta a'sirler

Kısqasha tariyxıy eskertiwler. Rim qul iyelewshilik ma'mleketinin' ıdıraw protsessi ha'm batis Evropadag'ı feodalizmge o'tiw quramalı jag'daylarda bolıp o'tti. Bul da'wirler qa'wimler, xalıqlar, ma'mleketler arasında ko'p sanlı urıslar bolıp o'tti. Sol da'wirleri «varvarlar» qa'wimlerinin' qısımnın qulag'an Rim imperiyası bul qa'wimlerge ku'shli ideologiyalıq ta'sir ko'rsetti. Bul ta'sirdi sol waqıtları jaqsı qa'liplesip u'lgergen xristian shirkewi saqlap kaldı ha'm bul shirkew qa'liplesip atırg'an feodalizmnin' ku'shli ideologiyalıq su'yenishine aylandı. SHıg'ısta, Qıtaydı ha'm Hindistanda feodalizmge o'tiw Batis Evropadag'ı feodalizmge o'tiwden burınraq a'melge astı. Usıg'an baylanıslı bul ma'mleketler o'zinin' ekonomikalıq ha'm ma'deniy rawajlanıwı boyınsha Evropa ma'mleketlerinen ozıp ketti.

Arab yarım atawında VII a'sirdin' basında Muxammed ta'repinen jan'a musulman dininin' payda bolıwı ko'plegen qa'wimlerdi birlestirdi, az waqıtlar ishinde qu'diretli ma'mleketti payda etti. Bul ma'mleket İrandı, Orta Aziya ma'mleketlerin, Egipetti basıp aldı ha'm Evropa menen Pireney yarım atawına kirip bardı. Na'tiyjede ilim menen ma'deniyat tariyxında arablar ullı orındı iyeledi. Olar shıg'ıs penen batis ortasındag'ı, a'yyemgi da'wirlerdegi ilim menen feodalizm da'wirlerindeki ilimdi baylanıstıratug'ın buwing'a aylandı. Na'tiyjede erte orta a'sirlerde (VII-XI a'sirler) ilimnin' rawajlanıwındag'ı en' jetekshi orında SHıg'ıs iyeledi. Tek keyinirek da'wirlerde g'ana 1096-1270 jılları bolıp o'tken tariyxta ken'nen belgili krestlerdin' Siriyag'a, Palestinag'a, Arqa Afrikag'a bolg'an atlanıslarınan baslap Evropa ilimine jan ene basladı, universitetler, iri oqıw orınları, ilimiy mektepler payda bola basladı. Usının' menen birge rawajlang'an feodalizm da'wiri dep atalıtug'ın XI-XV a'sirler islep shıg'arıwshı ku'shlerdin' tez tu'rde jetilisiwi, o'nermetnshilik penen sawda islerinin' tez rawajlanıwı menen ta'riplenedi. Bul rawajlanıwlar a'dewir progressiv bolg'an jan'a ekonomikalıq formatsiyanın' – kapitalizmnin' qa'liplesiwine alıp keldi.

Feodallıq qatnasıqlardıń ıdırawı ha'm jan'a ekonomikalıq qatnasıqlarğa a o'tiw XV a'sirdin' aqırlarınan XVII a'sirdin' birinshi yarımına shekem bolıp o'tti. Bul da'wir ilim tariyxında og'ada ullı a'hmiyetke iye boldı. Sebebi usı da'wirde ta'jiriybege su'yenetug'ın ta'biyattanıw (jan'a ta'jiriybelik ta'biyattanıw) payda boldı. Solay etip orta a'sirler iliminin' tariyxın, sonın' ishinde fizikanın' tariyxın to'mendegidey u'sh xronologiyalıq da'wirge bo'liwge boladı:

1. SHıg'ıs (musılman) ellerinde ilimnin' rawajlanıw da'wiri (VII-XI a'sirler).
2. Evropadag'ı feodallıq ilimnin' rawajlanıw da'wiri (XI-XV a'sirler).
3. Ta'jiriybege su'yenetug'ın ta'biyattanıwdın' payda bolıw da'wiri (XV a'sirdin' aqırı ha'm XVII a'sirdin' birinshi yarımı)

Usı ayılğ'anlarg'a baylanıslı biz sol u'sh da'wirdegi ta'biyattanıw ilimlerinde ju'z bergen rawajlanıwdı bayanlaymız.

İlimnin' SHıg'ısta rawajlanıwı

Arablardag'ı mexanika. O'z waqıtında qudiretli imperiyanı do'retken arablar da'slepki waqıtları grek ma'deniyatına jek ko'riw menen qarag'anı menen (640-jılı Areksandriya kitapxanasın arablar o'rtdi dep esaplaydı) shama menen 750-jıllardan baslap bul ilimge qızıg'ıw payda bola basladı. Aleksandriyanı basıp alıw menen arablarda grek ilimine qızıg'ıw payda bola

basladı. Arab xalifatının' hu'kimdarlıg'ının' Orta Aziyag'a tarqalıwı olarg'a SHıg'ıs ma'deniyatının' jetiskenlikleri menen tanısıwg'a mu'mkinshilik berdi. Bir a'sir dawamında grek ilimpazlarının' jumısları grek ha'm siriya tillerinen arab tiline awdarıldı. Usı da'wir ishinde Damask ha'm Bag'dad qalalarında Aleksandriyadag'ı ilimiy mektepler u'lgisinde mektepler payda boldı. Usının' saldarınan a'yyemgi ilim menen (a'yyemgi grek ilimi menen) SHıg'ıs iliminin' quyması payda bolıp, bul ilim tariyxta «arab ilimi» dep attı aldı. Bul arab ilimi birinshi gezekte teologiyalıq ma'selelerdi sheshiwge, ekinshi gezekte ta'biyiy-ilimiy ma'selelerdi sheshiwge bag'darlang'an edi.

Arablar İspaniyanı bag'ındırıp alg'annan keyin Kordova qalasındag'ı universitet Arab iliminin' Evropadag'ı orayını aylandı. Arablardın' bul ha'reketleri na'tiyjelerinde Evropalıqlar qıtaylılar do'retken qag'az, kompas, porox, induslar do'retken esaplawdın' pozitsiyalıq onlıq sisteması, xorezmliklerdin' astronomiyası ha'm matematikası, arab awdarmalarındag'ı Aristotel ha'm Ptolemeydin' jumısları, A'biw A'liy İbn Sinonın' meditsinası menen tanıstı. Usının' menen bir qatarda arablar Evropalıqlardı «sırlı ilimler» bolg'an alximiya, astrologiya ha'm magiya menen tanıstırdı.

İlimnin' Gretsiyadan shıqqanlıg'ı arab ilimpazlarının' mexanika menen optika boyınsha aytarlıqtay shug'ıllang'anlıg'ına o'zinin' tikkeley ta'sirin jasadı. Fizika iliminin' bul eki bo'limi de greklerde jaqsı rawajlang'an edi. Biraq arab ilimpazları mexanika boyınsha aytarlıqtay na'tiyjelerge erise almadı, al optika boyınsha bir qatar jetiskenliklerge eristi.

Fizika tariyxında ko'rnekli orındı Egipettin' belgili ilimpazı İbn a'l Xaysam (965-1039) iyeleydi (latin tilindegi a'debiyatlarda Algazen). Onın' tiykarg'ı jumısları optika boyınsha islendi. Ol birinshi bolıp ko'zdin' optikasın teren' izertledi. Ol ko'zdegi xrustaliktin' a'hmiyetin ha'm eki ko'z benen qarag'anda ulıwmalıq ko'riw nervinin' ja'rdeminde bir ob'ektin' ko'rinetug'inlıg'ın durıs tu'sindirdi.

Algazen tegis, sferalıq (do'n'es ha'm oyıs), tsilindrlik ha'm konuslıq aynalardı qarap shıg'ıp mınaday ma'seleni keltirilip shıg'ardı (Algazen ma'selesı): aynanın' sonday noqatın tabıw kerek, bul noqattan shıqqan nur ko'zge tu'siwi kerek.

Algazen Quyashtın' ha'm Aydın' nelikten azanda shıqqan waqıtları ha'm keshte batqan waqıtları u'lken bolıp ko'rinetug'inlıg'ın tu'sindirdi. Sonın' menen birge onın' jumıslarında kamera-obskura haqqında birinshi ret ga'p etilgen.

Ulıwma mexanikada arablar Aristoteldin' izinen ju'rdi ha'm olar bul ilimge aytarlıqtay o'zgerisler kirgize almadı. Jan'a ideyalar bolmag'anlıqtan arab mexaniklerinin' o'neri tiykarınan oynshıqlardı, avtomatlardı, do'n'gelekli ha'm taslı saatlardı sog'ıwg'a jumsaldı. X a'sirde musulman du'nyası gidrostatikag'a qanday da bir u'les qostı. 922-jılı qaytı bolg'an (tuwılğ'an jılı belgisiz) astronom A'l Nairizi (latin tilinde Araitsey dep jazılğ'an) atmosferalıq qubılıslar haqqında traktat jazdı. Bag'dad qalasında jasag'an onın' zamanlası A'l Razi (923-jılı kaytı bolg'an) salıstırmalı salmaqlardı anıqlaw ushın gidrostatikalıq ta'rezini paydalandı. Bul arab ilimpazlarında a'dewir kızıg'ıwshılıq payda etti ha'm da'l o'lsheytug'ın ta'rezilerdegi da'lliktin' o'lsheminin' endiriliwine alıp keldi.

Arablar VII a'sirden baslap a'tirapındag'ı ma'mleketlerdi basıp alıw ha'm islam dinin endiriw menen shug'ıllandı. Juz jıldın' ishinde olar Siriyanı, İrandı, Arqa Afrikanı, Periney yarım atawın ha'm Oraylıq Aziyanı bag'ındırdı. 712-jılı olar ta'repinen Xorezm bag'ındırıldı. Da'slepki waqıtları basıp alıng'an xalıqlardın' ma'deniy estelikleri joq etildi, ilimpazlar quwg'ing'a ushıradı. Biraq ko'p uzamay awhal o'zgerdi. Arablar jergilikli ma'deniyattı o'zlestirdi. Arab ma'mleketinin' paytaxtı Bagdad ilimiy islerdin' orayına aylandı. Bul jerde 795-jılı universitet, al 829-jılı astronomiyalıq observatoriya ashıldı. Joqarıda ayılıp o'tilgendey, IX a'sirde arab tiline Aristoteldin' ha'm basqa da a'yyemgi grek ilimpazlarının', sonın' ishinde Ptolomeydin' «Almagesti» arab tiline awdarıldı.

Ko'p uzamay musulman ellerinde u'lken observatoriyalarda ju'rgizilgen baqlawlar tiykarında du'zilgen «Zidjalar» dep atalatug'ın astronomiyalıq kesteler payda boldı. Bul kesteler boyınsha planetalardın' aspadag'ı qa'legen waqıttag'ı awhalın anıqlaw mumkin. A'lbette bul awhaldı

anıqlaw Zidjada keltirilgan sanlardı anıqlanıw da'lliline tikkeley baylanıslı. Usı jerde K.Ptolomey ta'repinen du'zilgen juldızlar kestesinde Zidjanın' bir tu'ri dep ayıp keskenimiz orınlı boladı.

Orta a'sirdegi SHıg'ısta ken' ha'wıj alg'an sawda matematikalıq ma'seleler ushın bay material toplawına, uzaq ellerdi sholıw astronomiya ha'm geograf iliminin' rawajlanıwına, o'nermentshilik bolsa ko'rkem - ma'deniyattın' rawajlanıwına alıp keldi. Bul rawajlanıwlar Arab xalifasının' orayı Bag'dadta boldı.

Bag'dadta xalif a'l Ma'mun (813-833) ta'repinen «Baytul hikma», yag'nıy «Danishpanlar u'yi» dep atalg'an akademiya ju'da' ko'p bag'darlarda ilimiy izleniwler alıp barıldı. Onlap ilimpazlardı ha'm awdarmashılardı o'z a'tirapında toplag'an bul akademiya o'zbek ilimpazlarınan Muhammed İbn-Muso a'l Xorezmiy (783-850), Muhammed İbn Nasr a'l Farg'oni (IX-X), Abash a'l Xasib a'l Marvozi (764-864) ha'm ko'plegen Orta Aziyalıq ilimpazlar arab dosları menen birgelikte ilimiy jumısların alıp barg'an. Bul akademiyanın' ilimiy jumısların (observatoriya, kitapxanada) Xorezmiy basqarıp turg'an.

Akademiya xızmetkerleri grek ilimpazlarının' bir qansha shıg'armaların arab tiline awdardı, sonday-aq astronomiya, matematika, geografiya ha'm basqada pa'nler boyınsha shıg'armalar do'retken. Ko'plegen awdarg'an shıg'armaları SHıg'ıs iliminin' rawajlanıwına ku'shli ta'sirin tiygizdi. Usınday shıg'armaların' biri II a'sirde jasap o'tken Klavdiy Ptolomeydin' «Almagest» shıg'arması bolıp, ol shama menen 825 jılı arab tiline belgili arab astronomı Sabit İbn Kupra ta'repinen awdarma qiling'an.

Ma'mun da'wirinde eki observatoriya qurıldı. Birinshisi Bag'dadta, ekinshisi Damaskke jaqın jerde Kassion dep atalg'an tawda jaylasqan. Bul observatoriyalarda ilimpazların' alıp barg'an jumısları «Almagest» tegi barlıq mag'lıwmatlardı tekseriwden ibarat edi.

Xalif a'l Ma'mun akademiya derlik 200 jıl ilimiy izleniwler alıp bardı.

SHama menen 1000 jıllar a'tirapında Bag'dad akademiyaında akademiyanı Xorezm shax A'li İbn Ma'mun Xorezmnin' paytaxtı bolg'an Gurganjde qurdı ha'm usı da'wirdin' ullı filosof ha'm ilimpazları a'l Masixiy, a'l Hammor, A'bu A'li İbn Sino ha'm A'bu Rayhon Beruniylardı usı akademiya islewge mira't etti.

Geypara tariyxshı ilimpazlar Gurganjdag'ı ilimiy quram az waqıt is alıp barg'anı ha'm onda islegen ilimpazların' sanı kem bolg'anı ushın onı «Akademiya» dep bolmaydı degen pikirlerdi aytqan. Biraqta ilimiy quramnın' salmag'ı pa'nnin' tu'rli bo'limlerine qanshama u'les qosqanlıg'ı, qanday jan'alıqlar ashqanlıg'ı, qanday ilimpazlar jetiskenlikleri menen anıqlanadı.

Muhammed A'l Xorezmiy (783-850) jasag'an da'wir Orta a'sir SHıg'ıs astronomiyasının' payda bolıw jıllarına barıp taqaladı. Usı da'wirde Xalif A'l Ma'mun ta'repinen qurılğ'an «Danishpanlar u'yi» - Xorezmiy astronomiya ha'm arifmetika menen shug'ıllang'an. IX a'sirdin' 20 - jılları o'zinin' dan'qa bo'lngen astronomiyalıq kesteler «Zij» - jazdı. Bul usı da'wirde jazılğ'an da'slepki Zijlerden edi. Xorezmiy «Zij» - 37 bap ha'm 116 kestden ibarat haqıyqiy astronomiyalıq shıg'arma.

SHıg'armanın' da'slepki baplarında sol zamanda ken' tarqalg'an boljawlarg'a (bunda Muxammed payg'ambar ta'repinen tiykarlang'an musulmanların' hijriy erası haqqında mag'lıwmat beredi) Quyash ha'm Ay planetaların baqlaw waqtına sa'ykes mu'ddetler keltirilgen. Sonday-aq bul aspan denelerinin' zodiak juldız dizbegi: Hamal, Savr, Javzo, Saroton, Asad, Sumbula, Mezon, Aqrab, Jiddiy, Dalv, Hutdegi orınları baqlang'an. Zij din' keyingi babında shen'berdi bo'leklerge ajratıw haqqında so'z etedi. Arabların' falak dep ataytug'ını shen'ber - dep jazadı Xorezmiy, - 12 belgi ge bo'linedi. Geypara ilimpazlar bo'lim dep ataytug'ın bul shen'ber belgilerinin' ha'r biri 30 da'rejege, da'reje 60 minutqa, minut 60 sekundqa, sekund bolsa o'z na'wbetinde 60 tertsiyge bo'linedi ha'm usınday etip shen'ber shamasın qa'legenshe, sheksizlik mug'darina shekem kishireytiw mu'mkin. SHıg'arma dawamında Quyash, Ay ha'm usı da'wirde a'piwayı ko'z benen ko'rinetug'ın 5 planetanın' ha'reketin, Quyashtın' ekliptikadag'ı orının, Aydn' haqıyqiy orınlı shıg'ıwı haqqında pikir ju'ritedi ha'm 2 bapta keltirilgen 2 kestden Ay shıg'ıwının' awısıw shamasınin' 3^020^{11} ekenligin ma'lim etedi. Ha'zir bul shama 3^018^{11} ge ten'.

Xorezmiydin' arifmetika traktatınan Evropa elleri, Hind tilinde sanlar sistemasınan noldi qollanıwdı, bo'lshek sanlar menen islesiwdi u'yengen. Onın' algebra atlı traktatı matematikanın' jan'a bir bo'limin ashtı (A'l- Djabar). Xorezmi traktatlarında sızıqlı ha'm kvadrat ten'lemeler sheshilgen.

Xorezmiyden keyingi ilimpazlar, Hind matematiklari menen birgelikte jan'a pikirlerdi rawajlandırıdı. Onın' traktatlarınan' awdarmaları Evropada XII a'sirde payda bola basladı. Kopernik-Galileydin' ilimiy revoliutsiyasınan aldın Evropa ilimpazları ta'repinen sanlar sisteması, algebra ha'm trigonometriya tek u'yrenilip qoymastan, al rawajlandırıldı.

Axmed a'l Ferg'aniy

Qa'dimiy qa'diriyatlarımızdı qayta tiklew, teberik toprag'ımızda jasad o'tken dan'qlı atabalarımızdı tanıw, olardıń du'nyalıq tsivilizatsiyag'a qosqan u'leslerin an'lap biliw bizin' milliy ma'deniyatımızdı rawajlandırıw, jan'a a'wladtı ta'rbiyalaw ma'selelerindegi tiykarg'ı talaplardan bolıp tabıladı. Sonlıqtan ha'zirgi waqıtları O'zbekstan Respublikasının' Prezidenti İ.Karimovtın' bul tarawda alıp barıp atırg'an siyasatı, elimizdin' keleshegi, ma'mleketimizdin' ha'mme tarawlardag'ı rawajlanıwı ushın zor a'hmiyetke iye.

1994-jılı ullı astronomımız ha'm matematigimiz Mirza Ulig'bektin' tuwılg'anının' 600 jıllıg'mın', 1996-jılı bolsa, sahıpqrıan sa'rkarda A'mir Temirdin' 660 jıllıg'mın' pu'tkil jer ju'zilik ko'lemde ko'terin'kilik penen belgileniwi bizin' ruwhiy turmısımızda ju'z bergen u'lken waqıya boldı ha'm watanımızdin' a'yyemnen baslang'an bay ma'deniyatının' bunnan bılay da rawajlanıwında ayırıqsha ta'sir qaldırdı.

A'l-Ferg'aniydin' 1200 jıllıg'mın belgilew IUNESKOnın' 1998-jıldag'ı ilajlar rejesine kirgizildi. Usıg'an baylanıslı jaqında g'ana O'zbekstan Respublikası Ministrler Kabinetinin' Axmed a'l-Ferg'aniydin' 1200 jıllıg'mın belgilew haqqındag'ı qararı bizin' milliy qa'diriyatlarımızdin' tikleniwindegi u'lken waqıyalardıń biri bolıp tabıladı. Sog'an sa'ykes, biz bul maqalamızda Ferg'ana jerinde tuwılıp ka'malg'a kelgen orta a'sirlerde o'z ilimi menen pu'tkil du'nyada abırayg'a erisken ataqlı alım Axmed a'l-Ferg'aniydin' ma'n'gige qaldırılğ'an astronomiya, geografiya ha'm olarg'a tikkeley baylanıslı bolğ'an matematika tarawlarındag'ı ilimiy miyrasları menen ken' ja'miyetshiligimizdi jaqınnan tanıstırıp o'tiwdi maqul ko'rdik.

Ullı astronomımız Mirza Ulig'bek ha'm onın' ilimde qaldırğ'an miyrasları haqqında 1994-jılı usı qatarlardın' avtorının' qatnasıwında kitapsha shıg'arılğ'an edi. Atalg'an kitapshada Mirza Ulig'bektin' astronomiya ilimine qosqan u'lesin, onın' ilimde iyelegen ornın anıq ko'rsetiw Axmed a'l-Ferg'aniydin' bul tarawlardag'ı salmaqlı miynetlerin atap o'tpew mu'mkin emesligi ayqın ko'rinedi. Usınday jag'day o'z gezeginde bizin' a'yyemgi qa'siyetli jerimizde ilimnin' erte da'wirlerden baslap-aq du'nyalıq a'hmiyetke iye da'rejede rawajlang'anlıg'ınan ha'm bul jetiskenliklerdin' a'wladtan-a'wladqa o'tiw arqalı nızamlı izbe-izlikte a'melge asqanlıg'ınan ayqın da'rek beredi. Sol da'stu'riy miyraslılıq arqalı biz ilimde o'zlerinin' o'shpes izlerin qaldırıp ketken ullı tulğ'alarımızdan Xorezmiylardi, Axmed a'l-Ferg'aniydi, A'biw Rayxan a'l-Beruniydi, A'biw A'liy ibn Sinanı, Omar Hayyamdı, Mirza Ulig'bektin' ha'm basqa da ko'plegen allama atalarımızdı bilemiz, qa'dirleyimiz ha'm maqtanış etemiz.

Tariyxıy da'reklerden VIII a'sirdin' aqırı ha'm IX a'sirdin' basında paytaxtı Bag'dad qalası bolğ'an Arab xalifatlıg'mın' payda bolğ'anlıg'ın bilemiz. Bul jerde tiykarınan diyxanslılıq ha'm sog'an sa'ykes irrigatsiyanın', qurılıstın', qurg'aq ha'm suw jolları menen bolatug'ın sawdasatlıq islerinin' tez pa'tler menen janlanıwı astronomiyanı, geografiyanı ha'm olar ushın tikkeley tiykar bolıp tabılatug'ın matematikanı rawajlandırıw za'ru'rılıg'in payda etti. Arablar o'zleri basıp alg'an Oraylıq Aziyada ha'm basqa da ma'mleketlerde joqarı ma'deniyattın' bar ekenligin ko'rdi. Na'tiyjede Bag'dad basshılıg'ı o'zinin' qol astındag'ı ellerden ko'p sandag'ı ilimpazlardı jıynadı. Bul jerde 795-jılı universitet, 829-jılı astronomiyalıq observatoriya ashıldı. IX a'sirde arab tiline a'yyemgi grek bilimpazlarınan' tiykarg'ı miynetleri awdarıldı. IX-X a'sirlerde

Bag'dad qalasında jumıs islegen ilimpazlardın' ko'pshiligin Oraylıq Aziyadan alıp kelingenler (A'l-Xorezmiy, A'l-Ma'rweziy, A'l-Ferg'aniy ha'm basqalar) quradı.

Axmed a'l-Ferg'aniy ha'zirgi Ferg'ana oypatı aymag'ında tuwılg'an. Onın' balalıq jılları, qay jerlerde oqıg'anlıg'ı haqqında mag'lıwmatlar saqlanbag'an. Alımnın' do'retiwshilik miynetlerinin' basım ko'pshiligi Bag'dad qalasındag'ı observatoriyada islewiniñ barısında jazıldı ha'm ilimpazdın' ismi sol waqıtlardın' o'zinde-aq rawajlanıp atırg'an Evropa ma'mleketlerine Alfraganus atı menen ken'nen tarala basladı.

«Astronomiya elementleri» atlı kitap A'l-Ferg'aniydın' tiykarg'ı astronomiyalıq miyneti bolıp tabıladı ha'm sol waqıtlardag'ı astronomiyalıq entsiklopediya sıpatında tanılğ'anlıg'ın eslep o'tiwimiz abzal. Bul miynetinde bizin' jerlesimiz sol waqıtlardag'ı astronomiyanın' tiykarların sistemalı tu'rde bayan etip g'ana qoymay, o'zine shekemgi jetip kelgen grek astronomların' miynetlerine a'dil tu'rde sın ko'z benen qaradı, matematikalıq ha'm astronomiyalıq geografiyanı do'retti, jer sharının' alımg'a belgili bolg'an aymaqlarındag'ı hawa rayının' kestesiñ du'zdi.

Adamzat tariyxındag'ı en' ullı astronomiyalıq miynet qatarına a'yyemgi grek astronomı ha'm matematigi Klavdiy Ptolemeydin' (shama menen bizin' eramızdın' 90-168 jılları) «Almagest» miyneti kiredi. A'l-Ferg'aniy en' birinshiler qatarında bul miynettin' avtorı ta'repinen sanalı tu'rde jiberilgen qa'teliklerdi ashıp ko'rsete aldı ha'm astronomiya ilimin georaylıq ko'z-qarastan durıs jolğ'a bag'darladı.

A'l-Ferg'aniydın' kitabında sol da'wirlerdegi astronomiyanın' tiykarları, juldızlar kestesi menen bir qatar da astronomiyalıq a'sbap-u'skenelerdin' sıpatlamaları ha'm za'ru'rli bolg'an matematikalıq esaplawlar da berilgen. Da'slep bul kitap Aziya ha'm Evropa ellerine qoljazba tu'rinde tezden tarqalg'an. 1493-jılı İtaliyanın' Ferrare qalasındag'ı tipografiyada «Aspan qozg'alısları ha'm juldızlar haqqındag'ı ilimler jıynag'ı» degen at penen jariq ko'redi. A'l-Ferg'aniydın' miynetleri Evropa ma'mleketlerinde XVII a'sirde ekinshi ha'm u'shinshi ret qaytadan basılıp shıg'a basladı. Mısalı 1669-jılı alımnın' «Astronomiya elementleri» kitabı gollandiyalı ilimpaz YAkob Golius ta'repinen latin tiline awdarılıp Amsterdam qalasında basıp shıg'arıldı. Na'tiyjede Evropalıqlarg'a matematikalıq ha'm astronomiyalıq geografiya ilimin tu'p nusqa da u'yreniwge mu'mkinshilik tuwıldı.

Axmed a'l-Ferg'aniydın' joqarı geometriyanın' elementlerin qamtıytug'ın «Astrolyabiyanı sog'ıw haqqında kitap» degen miyneti ha'zirgi waqıtları da ko'p sanlı oqıwshılarda qızıg'ıwshılıqtı payda etedi. Astrolyabiya orta a'sirlerdegi juldızlardın' aspan sferasındag'ı koordinataların anıqlaytug'ın a'sbap bolıp, A'l-Ferg'aniy onın' qozg'almalı bo'limlerin sog'ıwdın' ta'rtiplerin bayanlaydı. Kitaptın' baslang'ısh bo'legi stereografiyalıq proektsiyalar haqqındag'ı teoremlardı da'lillewden ibarat. Bul jerde ha'r qanday geometriyalıq figuralardın' sferalardag'ı proektsiyaların qurıwdın' usılları ayqın ko'rsetilgen. Usıg'an muwapıq ha'zirgi ku'nde stereografiyalıq proektsiyalar usılı ken'nen qullanılattug'ın Kristallografiya, Mineralogiya ha'm sol sıyaqlı ilimlerdin' qa'liplesiwinde A'l-Ferg'aniy ullı orın tuttı dep esaplay alamız.

Bul miynetti u'yrengen ha'r bir adam A'l-Ferg'aniydın' o'zine shekemgi ha'm o'z da'wirindegi ullı ilimpazlardın' miynetlerin jaqsı bilgenligin anıq ko'redi. «Astrolyabiyanı sog'ıw haqqında» g'ı kitap IX a'sirdin' basında jazılğ'an Muxammed ibn Muwsanın' «Tegis ha'm shar ta'rizli figuralardı o'lshew kitabında» keltirilip shıg'arılg'an geometriyalıq jan'alıqlardın' tikkeley dawamı bolıp sanaladı.

A'l-Ferg'aniydın' astronomiyalıq ha'm matematikalıq miynetleri o'zinen keyin ilimnin' bul tarawların rawajlandırıw bag'darında zor xızmet etti. Mısal retinde bizin' ullı jerlesimiz A'l-Beruniydın' «Do'n'gelektegi xordalardı olarda ju'rgizilgen sınıq sıızıqlardın' ja'rdeminde anıqlaw» miynetin alıp qarasaq boladı. Bul kitapta Muxammed ibn Muwsa A'l-Xorezmiydın' zidjinde (juldızlar kestesinde) keltirilgen a'l-Ferg'aniydın' Quyashtın' ten'lemesin esaplaw jolı menen anıqlawı haqqında}, «A'l-Xorezmiydın' zidjindegi (juldızlar kestesindegi) A'l-Ferg'aniy ta'repinen esaplawlar jolı menen keltirilip shıg'arılg'an teoriyalıq tiykarlarmalardın' durısılıg'ın menin' da'lillewim» atlı paragrafları A'l-Ferg'aniydın' jumıslarının' qanday da'rejede ilimpazlarg'a belgili bolg'anlıg'ınan da'rek beredi. A'l-Ferg'aniydın' aspan denelerinin'

qozg'alısın sıpatlawg'a mu'mkinshilik beretug'm matematikalıq miynetlerinin' na'tiyjeleri, a'sirese onın' stereografiyalıq proektsiyalardı du'ziw boyınsha ashqan jan'alıqları Omar-Hayyam ta'repinen XI a'sirdin' aqırında tolıq paydalanıldı.

Mırza Ulıg'bektin' basshılıg'ında jer ju'zinde ken'nen tarqalg'an astronomiyalıq kestelerdin' du'ziliwinde de (Astronomiyalıq Sultan-Qurag'aniy kesteleri) A'l-Ferg'aniydin' astronomiyalıq ha'm sog'an sa'ykes matematikalıq miynetlerinin' ken'nen paydalanılg'anlıg'm atap o'temiz.

IX-XVI a'sirlerde A'l-Ferg'aniy menen bir qatarda Oraylıq Aziya jerlerinen shıqqan ju'zden aslam ilimpazlar juldızlar ha'm basqa da astronomiyalıq kesteler du'ziwshiler, astronomiyalıq a'sbap-u'skeneler sog'ıwshılar, astronomiya, trigonometriya, algebra ha'm geometriya boyınsha teoriyalıq traktatlardıń avtorları sıpatında dan'qqa bo'lendi. Olardıń ilimiy miynetlerinin' na'tiyjeleri Evropadag'ı qayta tikleniwge paydalı bag'dar boldı. Mısalı XV a'sirdin' ekinshi yarımındağ'ı pu'tkil Evropadag'ı belgili matematik ha'm astronom İoxann Miuller 1464-jılı birinshiler qatarında astronom A'l-Ferg'aniy miynetlerin pu'tkil matematika iliminin' tariyxı sıpatında tanıp ha'm ta'n alıp, bul boyınsha universitetlede lektsiya oqıy baslag'an. Bul bizin' jerlesimizdin' ulla miyraslarına qaratılğ'an ayrıqsha diqqattın' belgisi, hu'rmettin' ko'rinisi ekenligi so'zsiz.

A'l-Beruniy

A'l-Beruniy jasag'an X a'sirdin' aqırı ha'm XI a'sirdin' birinshi yarımı Oraylıq Aziyada birinshiden ma'deniyattın' gu'lleniwi, ekinshiden ha'r qanday ma'mleketler arasındag'ı basıp alıwshılıq bag'darındağ'ı urıs-ja'njellerdin' ku'sheyiwi menen sıpatlanadı. X a'sirdin' ekinshi yarımına kelip paytaxtı Gurganj (ha'zirgi Go'ne U'rgenish) qalası bolg'an arqa Xorezm ha'm paytaxtı Ka't qalası bolg'an qubla Xorezm ma'mleketleri birtekli rawajlanıwg'a eristi. Ka't qalasında IX a'sirde tiykarı salıng'an Banıw İrak dinastiyasına kiretug'm Xorezmshah, al Gurganjdı bolsa Oraylıq Aziya ma'mleketlerin VII a'sirde basıp alg'an arablar ta'repinen qoyılğ'an a'mirler basqardı.

995-jılı Gurganjlı a'mir Mamun ibn Muxammed Ka't qalasın bag'ındarıp, Xorezmnin' barlıq bo'limlerin biriktirdi, Xorezmshah o'ltirildi, o'zin Xorezmshah, al Gurganj qalasın bolsa Xorezmnin' paytaxtı dep dag'azaladı. Usı da'wirden baslap Gurganjda X a'sirdin' u'lgisinde iri saraylar qurıla basladı, qalada ma'deniy oraylar qaliplesti ha'm bul jerlerdegi o'tkerilgen ma'jilislerde XI a'sirdin' en' iri ilimpazları jıynaldı. Xorezm aymag'ında ma'deniyattın' gu'lleniwinde Mamun ibn Muxammedtin' ulı ha'm onın' aqlıg'ı A'liy ibn Mamun ha'm A'biw-l-Abbas Mamunlar u'lken orın iyeledi.

Bul waqıtları Xorezm bir jag'ınan Samarqandlı İlekkannın', ekinshi ta'repten qu'direti o'sip baratırğ'an Maxmud G'aznawiydin' qa'wpi astında turdı. Usının' aqıbetinde, a'sirese Maxmud G'aznawiydin' Xorezmdegi bolıp atırğ'an ma'deniy ha'm ekonomikalıq gu'lleniwdi ko're almawınan 1017-jılı ba'ha'rde Hazarasp qalasındağ'ı Mamunnın' a'skerleri menen til biriktirip, ko'terilis sho'lkemlestiriw na'tiyjesinde Xorezmshah o'ltirildi. Taxtqa Maxmudtın' atası Abdul-Xaris Muxammed ibn A'liy otırğ'ızıldı. Biraq onın' ha'kimlik etiwı u'sh-to'rt aydan aspadı, 1017-jılı jaz aylarında Xorezm g'a'rezsizlikten ayırıldı ha'm tolıq G'aznawiylerdin' qol astına o'tti.

Tiykarınan basqa ellerdi basıp alıwshılıq, talaw menen o'zinin' siyasatın ju'rgizgen ha'm Hindstan, İran, Oraylıq Aziyanın' bir qansha aymaqların bag'ındırğ'an Maxmud G'aznawiy 1030-jılı qaytı boladı. Onın' ornına a'kesinen tek kemshilikli ta'replerin o'zine miyras etip alg'an ulı Mas'ud taxtqa keledi. Basıp alıwshılıq siyasatı G'aznawiyler ma'mleketin ha'lsiretip, 1040-jılı Seljuqlar ta'repinen qulatıladı. Usının' sebebinen Xorezm qaytadan tolıq g'a'rezsizlikke erisedi.

Minekey usınday awır, tınıshsız ha'm alasapıranlı tariyxıy waqıyalardıń barısında bizin' ulla jerlesimiz A'l-Beruniy ka'malg'a keldi ha'm o'zinin' o'lmes miynetlerin do'retti.

A'biw Rayxan Muxammed ibn Axmed Beruniy 973-jılı 4-sentyabrında Ka't qalasının' qasında tuwıldı. Onın' zamanlaslarınin' ha'm keyingi izertlewshilerdin' pikirlerlerine qarag'anda

A'l-Beruniy ismi «Qala sırtınan kelgen adam» degen ma'nini bildiredi. Onın' genealogiyası belgisiz. A'biw Rayxan, Muxammed yamasa a'kesinin' atı Axmed ayqın adam atları emes, al A'l-Beruniydin' o'zi ta'repinen oylap tabılǵ'an atlar bolsa kerek. Ol ata-anadan tolıq jetim qalg'anlıǵ'ına qaramastan ayırıqsha zeyiniligi ha'm kitaplarg'a bolǵ'an intası arqasında teren' bilim alıwǵ'a erisken. Sol waqıtları Xorezmde bir grek ilimpazı jasag'an. A'l-Beruniy og'an ha'r qanday o'simlikler, tuqımlar, miyweler terip alıp kelip, olardıń atlarınń grek tilinde qalay atalıwın ha'm jazılıwın u'yrengeń. Kishi jaslarında ol joqarıda atı atalg'an Banıw İraklar dinastiyasına kiriwshi bir qatar adamlardıń dıqqatın o'zine qaratqan ha'm olardıń u'ylerinde ta'rbiyalang'an. Solardıń ishinde astronomiya ha'm matematika boyınsha a'hmiyetli ilimiy jumislardıń avtorı A'biw Nasır Ma'nsu'r ibn İrak A'l-Beruniydin' ilimpaz bolıp qa'liplesiwine o'zinin' tikkeley ta'sirin tiygizdi. İbn İrak Xorezmshahqa arnalg'an «SHah almagesti», «Azimutlar kitabı», «Matematikalıq ta'rbiya», «Aspannıń shar ta'rizligi ekenligi haqqında kitap» ha'm basqa da miynetlerdin' avtorı. Birinshiler qatarında ol tegis ha'm sferalıq u'shmu'yeshlikler ushın sinuslar teoremasın da'lilledi. 16 jastan baslap A'l-Beruniy sol İbn İraktın' basshılıǵ'ında ba'ha'rgi ha'm gu'zgi ku'n ten'lesiw waqıtlarında Ka't qalasındag'ı Quyashtın' biyikligin o'lshegen. Bul na'tiyjeler izsiz qalg'an joq, al alımnın' son'g'ı jazǵ'an kitaplarında o'z ornın taptı. Al 17 jasına shıqqanda A'l-Beruniy o'z betinshe izertlew jumisların basladı.

Tariyxshılar qaldırıp ketken miyraslarg'a qarag'anda, sol da'wirlerde Ka't qalasında a'hmiyetli sawda jolları kesilissen, suwı tolg'an arnalarındıń jag'alarında bay ha'm iri bazarlar islep turg'an. Qalada ha'r qanday ilimiy ha'm ma'deniy jan'alıqlardı alıp keliwshi ha'm ha'mme ellerge taratıwshı sırt elli miymanlar ko'p bolǵ'an. Mine, sonlıqtan da bunnan mın' jıl burın ha'zirgi Beruniy qalasının' ornında turg'an Ka'ttin' jer ju'zilik a'hmiyetke iye siyasiy, ekonomikalıq ha'm ma'deniy oray bolǵ'anlıǵ'ı ayırıqsha tilge alınadı. Tap usı jag'daylar keltirip shıǵ'aratug'ın ma'selelerdi sheshiw za'ru'rliǵı ha'm sol waqıtlardag'ı adamlardıń bilim da'rejesine bolǵ'an talaplar A'l-Beruniydin' ilimiy-do'retiwshilik miynetine bag'dar berdi. Alımnın' miynetlerinin' na'tiyjeleri en' a'welden baslap-aq adamzattın' a'lemde ko'riw gorizontların ken'eytti ha'm jer ju'zi xalıqlarının' iygilikleri ushın ko'p a'sirler dawamında xızmet etti.

Joqarıda so'z etilgende, 995-jılı a'mir Mamun ibn Muxammed ta'repinen Ka't basıp alınadı. Usıǵ'an baylanışlı taxttan tu'sirilgen ha'm qazalang'an Xorezmshah penen tikkeley baylanışlı bolǵ'anlıǵ'ı sebepli A'l-Beruniy Rey qalasına (ha'zirgi Tegerannın' bir bo'limi) qashıwǵ'a ma'jbu'r boladı. Usı waqıyag'a baylanışlı alım ko'p jıllar o'tkennen keyin bılay jazadı (bul maqalada alımnın' miynetlerinen u'zindiler ha'zirgi a'debiy tilge jaqınlastırıp awdarılǵ'an): «Ha'r qanday baxıtsızlıqlardan qa'wipsizlikti ha'm tınıshlıqtı u'mit etkenlikten alg'an na'tiyjelerimdi yadlag'anım joq. Olardı tek jazıp alıw menen sheklendim. Baxıtsızlıq ku'tilmegende basıma tu'skende jazıwlarımın' barlıǵ'ın ha'm menin' tırısıp islegen miynetlerimnin' jemislerin tolıq joq etti»

Rey qalasında jas alım da'slep ha'r ta'repleme qıyınshılıqlarg'a ushırasadı. Biraq, keyinshelik ol sol waqıtlardag'ı belgili astronom, matematik ha'm astronomiyalıq a'sbap-u'skeneler sog'ıwshı, ha'zirgi Ta'jikstannın' Xojent qalasınan shıqqan A'biw Maxmud a'l-Xojendiy menen tanısadı. Ol kisi haqqında A'l-Beruniy «Astrolyabiya ha'm basqa da astronomiyalıq a'sbaplar sog'ıwda o'z da'wirindegi ayırıqsha qubılıs» dep jazdı. Astronomiyalıq a'sbaplar sog'ıw boyınsha A'l-Xojendiydin' ta'limatı XV a'sirdegi Ulg'bek observatoriyasındag'ı sekstetti salıwda fundamentallıq tiykar boldı. Sonlıqtan da A'l-Xojendiydi bolajaq ullı alımnın' ta'biyattanıw ilimindegi qatan' eksperimentallıq usıllardıń tiykarın salıwshılardıń biri bolıp jetilisiwine tikkeley ta'sirin tiygizdi dep esaplay alamız. Al A'l-Beruniydin' do'retken iliminin' o'zi bolsa, eksperimentallıq jaqtan qatan' tiykarlang'anlıǵ'ı menen ajralıp turdı ha'm ılayıqlı bahalandı.

Aradan eki jıl o'tkennen keyin a'mir Mamun qaytı boladı ha'm onın' ulı, jan'a Xorezmshah A'liy ibn Mamunnın' shaqırıwı menen A'l-Beruniy 997-jılı Ka't qalasına qayıp keledi. Tap usı waqıtta onın' Buxara qalasında jasap atırg'an o'zinen segiz jas kishi İbn Sina menen xat jazısıwı

arqalı Aristotel ta'limatı boyınsha diskussiyası baslanadı. Bul xatlardan alimnıń filosofiya boyınsha da teren' bilimge iye, pikirlerinin' keskin ja'ne o'tkir ekenligi ayqın ko'rinedi. Sonın' menen birge usı da'wirde A'l-Beruniydin' bizge jetip kelgen da'slepki «Sekstat», «Kartografiya» ha'm «Astrolyabiya» shıǵarmaları do'retilei.

Biraq, Ka't qalasında ilim-izertlew islerin' teren' ha'm ken' tu'rde ju'rgiziwge imkaniyat bolmadı. Bul jerdegi ornatiǵ'an ilimiy a'sbap-u'skeneler A'l-Beruniydi qanaatlandırmadı. Sonın' aqıbetinde 999-jıldın' basında ol o'z watanın taslap Kaspiy ten'izinin' qubla boylarına ketedi ha'm sol jerdegi Gurgan qalasında o'zinin' en' bas mug'allimi - astronom ha'm shıpaker A'biw Saxlem İysa a'l-Masixiy menen ushırasadı. Usının' menen birge A'l-Beruniy Gurgan ha'm Tabaristan a'miri Ziyarid Qabus ibn Wa'shmgirdin' g'amxorlıǵında boladı ha'm og'an arnalǵ'an o'zinin' ko'p a'sirler dawamında jer ju'zilik a'hmiyetin jog'altıp a'g'an «Xronologiya» («O'tken a'wladlardan qalǵ'an estelikler») atlı birinshi iri shıǵarmasın do'retti. Bul kitaptın' jazılıwı pu'tkil SHıǵıs ilimi ushın u'lken waqıya bolıp esaplanadı. Sonlıqtan da ko'pshilik tariyxshılar jer ju'zi iliminin' rawajlanıwındag'ı XI a'sirdin' birinshi yarımın «A'l-Beruniy da'wiri» dep a'dil tu'rde ataydı.

Gurgan qalasında alım ta'repinen altı jıl dawamında 15 ilimiy miynet, sonın' ishinde 2 kitap do'retili. Bul waqıt alimnıń ilimdegi jedel tu'rdegi do'retiwshilik da'wirinin' baslaması bolıp tabıladi.

1004-jıldın' basında Xorezmshah A'liy ibn Mamunnın' shaqırıwı menen A'l-Beruniy Gurganj qalasına jumıs islewge keledi. Al 1010-jıldan baslap taxtqa jan'adan otırǵ'an A'biw-l-Abbas Mamun ibn Mamunnın' ilim ma'seleleri boyınsha bas ken'esgo'yi sıpatında alım ma'mleketlik islerge aralasadı. Sonın' menen qatar keyingi miynetlerinde o'z sa'wlesin tapqan astronomiyalıq, mineralogiyalıq ha'm matematikalıq izertlewlerin' dawam etedi. Gurganjǵ'a Ka't qalasınan matematik A'biw Nasır İbn İrak, Buxaradan İbn Sina, basqa da aymaqlardan filosof A'biw Saxl Masixiy, shıpaker A'biw-l-Hasan Hammar ha'm basqa da belgili ilimpazlar kelip isley baslaydı. Na'tiyjede bul aymaq Prezident İ.Karimovtın' arnawlı pa'rmanı menen 1997-jılı qayta tiklengen «Mamun akademiyası» dep atalatug'ın iri ilimiy orayǵ'a aylanadı. A'l-Beruniydin' «Salıstırmalı salmaqlar» («Ko'lemi ha'm salmag'ı boyınsha metallar ha'm qımbat bahalı taslar arasındag'ı qatnaslar haqqında kitap») atlı miyneti jarıq ko'redi. Bul ilimiy miynette Arximed ta'repinen ashılǵ'an ha'm onın' atı menen atalatug'ın belgili nızam tiykarında ha'zirgi «Materialtanıw» iliminin' sol waqıtları bizin' u'lkemizde rawajlanıwına u'lken salmaq qosılǵ'anlıǵın ko'remiz. Sonın' menen birge ol 18 qımbat bahalı taslar menen metallardıń salıstırmalıq salmag'ın ju'da' joqarı da'llikte anıqlay aldı. A'l Beruniy usı jılları artezian qudıqlarınin' islew printsipin qatnas ıdısları printsipi menen salıstırıw arqalı durıs tu'sindirdi⁶².

Gurganj qalasında jasag'an da'wirinde A'l-Beruniydin' qolında ko'p sandag'ı jetilistirilgen ilimiy a'sbap-u'skeneler boldı. Ol o'zindegi diametri 3 metrlik kvadranttın' ja'rdeminde ju'rgizgen astronomiyalıq izertlewlerin' toqtatpadı. Hidrologiyalıq ha'm fizikalıq izertlewler menen shug'ıllanıwdı basladı. Biraq joqarıda aytilg'anınday Xorezmdi Maxmud G'aznawiydin' basıp alıwına baylanışlı A'l-Beruniy 1017-jıldın' jaz aylarında Gurganjdı taslap G'azna qalasına ko'shiwge ma'jbu'r boldı. Tutqınlar qatarında bolǵ'anlıǵına qaramastan, ol G'aznag'a o'zi menen tolıq ilimiy arxivin alıp ketedi ha'm ol jerge bariwı menen quramalı ja'ne qıyın jag'daylar orın alg'an bolsa da, teperishlik penen izertlew jumısların dawam etiwge kiristi.

O'z gezegidde Maxmud G'aznawiy zamanının' aldın'g'ı qatar bilimli adamlarınin' biri edi. Ol o'z a'tırıpına belgili ilimpazlardı, shayırlardı, sayaxatshılardı jıynag'an. Olardıń wazıypası tiykarınan Maxmud G'aznawiydin' dan'qın ma'n'gilestiriwden ibarat bolǵ'an. Sonın' sebebinen, misalı, orta a'sirlerdegi belgili shayır Ferdawsiydin' «SHahnama» shıǵarması du'nyag'a keldi. A'l-Beruniydin' o'zinin' jazıwı boyınsha onın' semyasındag'ı hayal-qızlar da bilimli bolǵ'an ha'm ha'tte ilimiy isler menen de shug'ıllang'an. İslam SHıǵısında birinshi ret Maxmud G'aznawiy 1018-1019 jılları ma'mleketlik medrese saldıǵ'an ha'm og'an ko'plegen kitaplardı, qoljazbalardı jıynatqan. Sonın' menen birge ol islam dinin endiriw sıltawı ha'm dinsizlerge qarsı

⁶² Usı da'wirlerde Batısta artezian qudıqları ele belgisiz edi, Evropada bunday qudıq birinshi ret 1126-jılı Frantsiyada payda boldı.

g'azawat bayrag'ı astında qon'sı ma'mleketlerge bolg'an urısların toqtatqan joq. Biraq bul shın ma'nisinde basqınshılıq urısları edi. Mısalı 998-1030 jıllar aralıg'ında Maxmud Hindstang'a, tiykarınan onın' Penjap ha'm Ka'shmir wa'layatlarına 17 ret topılıs jasadı.

Da'slepki waqıtları G'aznada A'l-Beruniyge salqın qatnas jasalg'an. 1018-jılı onın' ıqtıyarında hesh qanday astronomiyalıq a'sbap bolmadı. Biraq, 1019-jılǵ'a kelip, A'l-Beruniy diametri 4.5 metrge ten' joqarı da'llikte o'lsheytug'ın kvadrantqa iye boldı. Bunday a'sbap sol waqıtqa shekem onın' qolında bolmag'an edi. Sonın' menen birge A'l-Beruniy qosımsha a'sbap-u'skeneler sog'ıp alıw mu'mkinshiligine de iye boldı. Sonlıqtan da, alımnın' G'azna qalasındag'ı o'mirinin' ilimiy na'tiyjeler menen tabılıs bolıwı ushın qolaylı sharayatlar jetkilikli da'rejede jaratıldı dep boljap ayta alamız.

1022-1024 jıllarda Hindstang'a bolg'an topılıslar da'wirinde A'l-Beruniy Maxmud G'aznawiydin' qasında boldı, al 1034-jılı o'z watanına barıp qayıw mu'mkinshiligine eristi. Ol o'mirinin' qalg'an bo'limin tolıg'ı menen G'azna qalasında o'tkerdi. Alımnın' bul qaladag'ı o'mirin to'mendegidey u'sh bo'limge bo'le alamız:

Deslepki 1018-1029 jıllardı «Geodeziyalıq» da'wir dep ataymız. 1025-jılı onın' jer ju'zine taralg'an «Geodeziya» («Elatlı punktler arasındag'ı qashıqlıqtı anıqlaw ushın orınlardıń shegaraların belgilew») atlı miyneti jariqqa shıǵıp, onda 990-jıllardan baslap jıynag'an ha'm o'zi ta'repinen alıng'an ilimiy na'tiyjelerdi ulıwmalastradı. A'l-Beruniy bul miyneti haqqında bılay jazadı: «Menin' so'zimde (miynetimde) aytıwǵa umtılıp atırg'an aqırg'ı maqsetim... belgili bolg'ay. Egerde onı ulıwma tu'rde alsaq Jerdin' qa'legen ornının' koordinataların shıǵ'ıs ha'm batıs arasındag'ı uzınlıq, arqa menen qubla arasındag'ı ken'lik boyınsha, sonın' menen birge orınlar arasındag'ı qashıqlıqtı, azimutlardı bir birine salıstırıp anıqlaw usılların bayanlaw bolıp tabıladı».

«Geodeziya» miyneti u'lken kirisiw bo'liminen, bes teoriyalıq baptan ha'm ayqın geodeziyalıq ma'selelerdi sheshiwge qaratılǵ'an mısallardan turadı. Bul kitaptın' do'rewinde A'l-Beruniydin' Jer sharının' o'lshemlerin anıqlaw boyınsha Hindstandag'ı Nandna qorg'anının' qasında o'tkergen esaplawları ayrıqsha a'hmiyetke iye. Onın' alg'an na'tiyjeleri boyınsha Jer sharının' radiusı 6613 km ge ten' (ha'zirgi zamandag'ı qabıl etilgen ma'nisi 6371 km). Usı tiykarda A'l-Beruniy ha'r qanday qalalardıń yamasa berilgen orınlardıń astronomiyalıq usıllar menen anıqlang'an ken'lik ha'm uzınlıqları boyınsha sferalıq Jer betinin' qaysı noqatına sa'ykes keletug'ınlıg'ın anıq ayta aldı. Bizin' ullı jerlesimiz a'yyemgi grek iliminde da'stu'rge aylang'an adamlar tek g'ana Jer sharı betinin' bir shereginde jasaydı degen ko'z-qarası menen pu'tkilley kelispedi. Evropanın' batısı menen Aziyanın' shıǵ'ısının' Jer sharının' arg'ı ta'repi arqalı qanday qashıqlıqlardan keyin tutasatug'ınlıg'ın bahalay aldı ha'm ol ta'repte qurg'aqshılıqtın' bar ekenligin durıs boljadı. A'l'bette, bul boljaw keyinirek durıs bolıp shıqqan bolsa da A'l-Beruniydi Amerikanı birinshi bolıp ashtı dep pikir aytıw haqıyqatlıqqa sa'ykes kelmeydi.

A'l-Beruniydin' «Geodeziya» sında Afrika materiginin' formaları, Baltıq, Aq ten'iz, Qıtaydin' shıǵ'ıs ta'repleri haqqında jeke boljawların sıpatlaydı ha'm o'zinin' ten'izler teoriyasın bayanlaydı. Bul miynette A'miwda'ryanın' Kaspiy ten'izine quyg'anlıg'ı haqqında mag'lıwmatlar keltirilgen. Sonday-aq kitapta A'l-Beruniydin' 990-jılları Jerdin' yarımshar tu'rindegi modelin (yarım globustı) do'retkenligin jazadı. Solay etip ullı alımımızdın' du'nyada birinshi bolıp globustı soqqanlıg'ı haqqında mag'lıwmatqa iye bolamız.

Orta a'sirlerdegi pu'tkil arab geografiyası boyınsha a'debiyatta A'l-Beruniydin' «Geodeziya» ha'm basqa da miynetlerinde bayanlang'an geografiya salmaqlı orın tutadı.

G'azna qalasında alımımız ta'repinen 1030-jılı jariqqa shıǵ'arılǵ'an ha'm Jer ju'zi ilimi menen pu'tkil adamzat ma'deniyatında ko'rnekli orın tutatug'ın miynet «Hindstan» (tolıq atı «Aqılǵ'a muwapıq keletug'ın yamasa biykarlanatug'ın hindlerge tiyisli ta'limatlardı tu'sindiriw») dep ataladı. Bul kitaptı jazıw ushın materiallardı alım Hindstang'a bolg'an saparında, sonday-aq Maxmud G'aznawiydin' a'skerlerine tutqıng'a tu'sken ilimpazlardan, a'skerbasılardan ha'm basqa da sawatlı adamlardan jıynag'an. Bul haqqında A'l-Beruniy «Men mu'mkinshiligine qaray o'zımnın' barlıq ku'shimdi hind kitapların tabıwǵa ha'm sol kitaplar jasırılǵ'an orınlardı biletug'ın adamlardı izlewge jumsadım» dep jazadı.

Hind ilimi menen ma'deniyatı jer ju'zi ilimi menen ma'deniyatının' rawajlanıwına a'yyem zamanlardan berli o'zinin' unamlı ta'sirin tiygizip keldi. Solardın' ishinde, misalı, ha'zirgi waqıtları pu'tkil jer ju'zinde qabıl etilgen arab tsifrları dep atalatug'ın tsifrlar (tog'ız tsifrg'a ha'm nolge tiykarlang'an onlıq sistema) shın ma'nisinde VII a'sirlerde tolıq qa'liplesken, son'ınan deslep arablarg'a, keyinshelik evropalılarg'a taralg'an hind tsifrları bolıp tabıladı.

A'l-Beruniydin' «Hindstan» miynetinde Hindstannın' ruwhıy ma'deniyatının' o'zgesheliklerin bayanlaw tiykarg'ı orındı iyeleydi. Bul jerde avtordın' hindlerdin' geografiyalıq ha'm kosmologiyalıq ko'z-qarasları menen tolıq tanıs ekenligi qa'legen oqıwshını tan'landıradı. Kitaptın' 80 babının' ha'mmesinde de A'l-Beruniy o'zinin' ulıwma eskertiwlerinen keyin ko'p sandag'ı hind avtorlarınan' jumıslarınan u'zindiler keltirip, olardı musulmanlardın', a'yyemgi greklerdin', iranlılılardın', qıtaylılardın' ha'm basqa da xalıqlardın' teoriyaları ha'm o'zinin' jeke pikirleri menen salıstıradı. Usınday jollar menen ilimdi tu'sindiriwdin', basqa xalıqlarg'a jetkiziwdin' a'hmiyetin hesh na'rse menen salıstırıp bolmaydı.

A'l-Beruniy «Hindstan» kitabı menen bir qatarda 1029-jılı «Juldızlar haqqında ilim» degen miynetin de jazıp pitkerdi. Bul kitap astronomiya menen astrologiyanı u'yreniwshiler ushın oqıw quralı bolıp tabıladı ha'm col waqıtları a'hmiyetli bolg'an 530 sorawg'a juwaptı o'z ishine qamtıydı. En' qızıg'ı sonnan ibarat, avtor bul miynetin o'zinin' ana tili bolg'an xorezm tilinde emes, al arab ha'm parsı tillerinde jazg'an ha'm olar bizin' da'wirimizge shekem tolıg'ı menen kelip jetken. A'l-Beruniy usı kitaptın' kirisiw bo'liminde «A'l-Beruniy ayttı: oqıw ha'm qaytalaw arqalı a'lemnin' du'zilisın biliw ha'm aspannın', Jerdin' figurası qanday, olar arasında ne bar ekenligi u'yreniw juldız sanaw o'neri ushın ju'da' paydalı. O'ytkeni usınday jollar menen ta'lim alg'an adam g'ana bul o'ner menen shug'ıllanıwshılardıń paydalanatug'ın tilin u'yrenedi ha'm so'zlerinin' ma'nisine tu'sinedi. Bul o'nerdin' ha'r qanday sebeplerin ha'm da'llilewlerin u'yrenip og'an erkin oy juwırtıw arqalı qatnas jasaydı. Sonlıqtan bul kitaptı a'l-Hasannın' qızı xorezmli Rayxang'a onın' o'tinishi boyınsha tu'siniw jen'il bolıwı ushın soraw-juwap tu'rinde du'zdim...» dep jazg'an.

Oqılıwı jen'il bul kitapta alımnın' danışpanlıg'ı ayrıqsha da'rejede ko'rinedi. Kitap «Geometriya», «Arifmetika», «Astronomiya», «Geografiya», «Astrologiyalıq astronomiya», «Astrologiya» ha'm basqa da bo'limlerden turadı ja'ne o'zinin' ko'rsetpeliligi menen ha'r bir oqıwshını tan'landıradı. Mısal retinde «Qus joli degen ne?» degen mazmundag'ı 167-sorawdı alıp qaraymız. Juwapta Qus jolının' sırtqı formalarınan' qanday ekenligin ha'm qanday juldızlar toparı araqalı o'tetug'ınlıg'ın ayta kelip «Aristotel Qus jolın tu'tin tu'rinde shashırag'an og'ada ko'p sandag'ı juldızlardan turadı dep esapladı, olardı hawadag'ı dumanlar ha'm bultlar menen salıstırdı» dep jazadı. Bul misal danışpan alımnımdın' haqıyqatlıqtı durıs ko're ha'm bahalay alg'anlıg'ın ayqın da'llileydi.

1030-1037 jıllar A'l-Beruniy o'mirinin' do'retiwshilik da'wirinin' en' joqarg'ı shın'ı bolıp tabıladı. Bul da'wirde taxtta Maxmudtın' ulı Mas'ud otırdı. Elde A'l-Beruniyge degen isenim ha'm hu'rmet arttı. Og'an jemisli miynet etiwı ushın tolıq jag'daylar jaratıldı. Usı waqıtları ol o'zinin' hesh qashan a'hmiyetin jog'alpaytug'ın astronomiya ha'm matematika boyınsha entsiklopediyalıq miynet bolg'an «Mas'ud kanon» ın jarattı. A'l'bette, 1030-jılı 57 jasqa shıqqan alımnın' o'zi astronomiyalıq ha'm basqa da o'lshepler menen tikkeley shug'ıllana alg'an joq. Ol bul da'wirde tiykarınan o'zinin' zamanına shekemgi ilimdi (kitapta 490 alımnın' bul tarawdag'ı jumısları haqqında ma'limleme keltirilgen), jas waqıtlarında alg'an ilimiy na'tiyjelerin ulıwmalastırdı ha'm kelesi a'wladlar ushın kitaplar tu'rinde ma'n'gi miyras bolatug'ın estelikler qaldırdı.

Du'nyalıq ilimiy a'debiyatta adamzat tariyxında ta'biyattanıw boyınsha shıqqan ha'm onın' bunnan bılay rawajlanıwına o'zinin' tikkeley ta'sirin tiygizgen en' a'hmiyetli eki-u'sh miynetin' birewi grek ilimpazı Klavdiy Ptolemeydin' bizin' eramızdın' II a'sirinde jazılğ'an «Almagest» kitabı bolıp esaplanadı dep aytıw qabıl etilgen. Biraq, a'dillik ushın «Mas'ud kanonı» nın' «Almagest» ten mazmunının' teren'ligi, keltirilgen ilimiy na'tiyjelerdin' ken'ligi, anıqlıg'ı ha'm da'lligi boyınsha anag'urlım joqarı turatug'ınlıg'ın ayrıqsha atap o'temiz. Sonın' sebebinen, misalı, aradan 200 jıl o'tkennen keyin du'nyag'a belgili arab geografi YAkut «Mas'ud kanonı»

nın' jer betindegi matematika ha'm astronomiya boyınsha barlıq kitaplardı almasırg'anlıg'ın, al avtorının' a'hmiyetinin' Ptolemeydin' jer ju'zi iliminde tutqan a'hmiyetinen de asıp ketkenligin da'lillep ko'rsetti.

Kitaptın' kirisiw bo'liminde avtor bılay jazadı «Men barlıq waqıtta matematikanın' bir tarawı menen (astronomiya menen - B.A'.) tıg'ız baylanısta boldım, og'an jarmastım, og'an o'zimdi bag'ıshladım. Bul taraw meni du'nyag'a keliwimnen baslap-aq u'zliksiz qızıqtırdı. Sonlıqtan o'zimdi danalıq mo'ri basılğ'an Mas'udtın' kitaplar baylıg'ına xızmet etiwimdi, Mas'udtın' abıraylı, biyik atı menen atalatug'ın astronomiya o'neri boyınsha kanondı du'ziw kerek dep taptım... Bul kitap basqa jazba estelikler arasında en' ko'p jasaytug'ın ha'm eger ıg'bal alıp bara qoyg'an jag'daylarda Jer ju'zindegi ha'mme orınlarda paydalanıwg'a jaraytug'ın qollanba boladı.

... Ha'r kimgе o'z tarawı boyınsha ne islewi kerek bolsa men de sol jol menen ju'rdim. O'zime shekemgi ilimpazlardın' miynetlerin hu'rmet penen qabıl ettim, qa'telikleri tabılğ'an jag'daylarda tartınbay du'zettim.... Men ullı ha'm ma'rtebeli Alla-taalag'a usı niyetimnin' a'melge asıwında meni qollawın ha'm durıs jol ko'rsetiwın sorap tabınaman. Ha'r bir insannın' ta'biyatına ta'n bolg'an qa'telikler jiberiwden saqlag'ay dep Allag'a sıyınaman».

Kitapta tiykar etip alıng'an ko'z-qaras boyınsha «Du'nya tutası menen alg'anda ishki bo'limi qozg'almaytug'ın shekli sfera ta'rizli dene... SHen'ber boyınsha qozg'alatug'ın du'nyanın' bo'limin joqarı du'nya, al tuwrı sıziq boyınsha qozg'alatug'ın du'nyanı to'mengi du'nya dep atawg'a boladı... SHen'ber boyınsha qozg'alıwshı denelerdin' jıynag'ın ulıwma tu'rde efir dep ataymız... Efir jeti planeta boyınsha biri birine tiyip turatug'ın jeti sferag'a bo'linedi. Jeti sferanın' u'stinde barlıq qozg'almaytug'ın juldızlar ornalasqan segizinshi sfera jaylasadı.

Ha'r bir planeta du'nyanı ta'rtpke salıp turıwshı jaratıwshının' qu'diretililigi ha'm danalıg'ı menen do'retilgen ha'm o'zleri ushın anıqlang'an wazıypalardı orınlaw ushın du'nyada ornatılğ'an nızamlar boyınsha qozg'alıp ju'redi», - dep jazadı alımımız.

A'l-Beruniy barlıq miynetlerinde, sonın' ishinde ayırıqsha «Mas'ud kanonı» kitabında o'zine shekem qa'liplesken to'mendegidey kosmologiyalıq jag'daylardı tolıq qabıl etken: aspan o'zinin' pishinleri boyınsha da, qozg'alısı boyınsha da sferalıq, Jer o'zinin' forması boyınsha sfera ta'rizli, Jerdin' orayı pu'tkil A'lemnin' orayına sa'ykes keledi, aspan sferasının' o'lsheplerine salıstırg'anda Jerdin' o'lshepleri sezilerliktey u'lken emes, Jerdin' o'zi hesh qanday qozg'alısqa qatnaspaydı, aspanda batıstan shıg'ısqa qaray ha'm shıg'ıstan batısqa qaray bolg'an qozg'alıslardın' eki tu'ri a'melge asadı.

A'llette, ha'zirgi zaman ko'z-qarasları boyınsha birazı naduris bolg'an bunday kosmologiyalıq jag'daylardın' alım ta'repinen qabıl etiliwi fizika ilimindegi qozg'alıs nızamlarının' ol da'wirde ele ashılmag'anlıg'ının' sebebinen bolıp tabıladı. Bul nızamlar A'l-Beruniy zamanınan altı a'sirden son' belgili astronomlar N.Koperniktin' geliooraylıq sisteması ja'ne İ.Keplerdin' atı menen atalatug'ın planetalardın' qozg'alıs nızamları tabılğ'annan keyin XVII a'sirde İ.Niuton ta'repinen tolıq ashıldı ha'm pu'tkil ta'biyattanıwdı durıs jolg'a saldı. Biraq, bunday jag'day alımın' bunnan derlik mın' jıl burın jazılğ'an miynetinin' qunın, go'zzallıg'ın, adamlardı o'zine tarta alıw qa'bilettiligin hesh qanday to'menlete almaydı.

G'aznawiyler ma'mleketi qulag'annan keyingi 1040-1048 jılları A'l-Beruniy G'azna qalasın taslap ketken joq. Bul aqırg'ı da'wir onın' do'retiwshilik energiyasının' to'menlew, kekseliktin' baslanıw, densawlıg'ının', a'sirese ko'zlerinin' ko'riwinin' pa'seyiw da'wiri boldı. Alım astronomiya ilimi menen shug'ıllanıwdı pu'tkilley toqtattı, al onın' ornına mineralogiya ha'm farmakognoziya boyınsha jumıslarg'a tiykarg'ı dıqqattı qarattı. Na'tiyjede A'l-Beruniy bul waqıtları adamzat tariyxının' o'lmes estelikleri bolıp qalg'an «Mineralogiya» (tolıq atı «Qımbat bahalı zatları tanıw ushın arnalğ'an ma'limlemelerdin' jıynag'ı») ha'm «Farmakogneziya» («Meditsinalıq da'riler haqqında kitap») miynetinlerin do'retti. Alım shapaker bolg'an joq, sonın' menen birge da'rilik qa'siyetleri bolg'an o'simliklerdin', basqa da zatlardın' adam organizmine ta'siri haqqında pikirlerin jazg'an joq. Al «Farmakogneziya» bolsa A'l-Beruniy zamanına shekemgi da'rilik zatlar haqqındag'ı jer ju'zilik ta'limattı qamtıytug'ın entsiklopediyalıq miynet bolıp tabıladı.

O'mirinin' aqirg'ı ku'nlerine shekem A'l-Beruniy 140 tan aslamıraq miynet jazdı. Solardın' ishindegı 113 miynetdin' dizimin 1036-jılı o'zi jazıp qaldırdı ha'm bul dizim bizin' da'wirimizge shekem jetip keldi. Ha'zirgi a'wladtın' qollarına kelip jetken miynetlerinin' sanı 26 ha'm olar alımnın' en' a'hmiyetli shıg'armaların quraydı. Ha'zirgi ku'nleri A'l-Beruniydin' miyrasların izlep tabıw ja'ne qayta tiklew jumısları jer ju'zi masshtabında ju'rgizilip atır.

A'l-Beruniy 60 jılday jemisli miynetinen keyin 1048-jılı dekabr ayında G'azna qalasında 75 jasında Mas'udtın' ulı Ma'wdittin' kishkene g'ana sarayında qaytı boldı. Alımnın' o'mirinin' aqirg'ı saatları haqqında to'mendegidey tariyxıy mag'lıwmatlar bar.

Ha'zirgi jıl esaplaw boyınsha 1048-jılı 11-dekabr ku'ni keshte onın' jag'dayları to'menlegen ha'm usıg'an baylanışlı saray xızmetkeri A'biw Fazıl'g'a A'biw Ha'midti tez shakırıwdı sorag'an. Ol akıl-hushın jog'altpay, tolıq sanasında qaytı bolg'an. A'tirapındag'ılardın' jılı ju'zlilik penen atların aytıp, olarg'a jaqsı tilekler tilegen. A'l-Beruniydin' alaqaına shekesin tiygizgen qazı A'biw Xasan Wa'lwa'liyjiyden «Hiylekerlik jollar menen tabıl'g'an paydanı esaplaw usılları haqqında sen mag'an bir waqıtları ne aytqan edin'?» dep sorag'an. Usı sorawdı esitken A'biw Xasan Wa'lwa'liyjiy «Usınday awhalda turıp sorap atırsan' ba?» dep tan'lang'an. Al A'l-Beruniy bolsa «Usı na'rse bilip bolıp bul du'nyadan ketiw du'nyadan nadan bolıp ketkennen jaqsı g'o». Alımnın' usı ga'pin esitip ha'mme ku'lgen, al A'l-Beruniy bolsa ko'zin aqirg'ı ret jumg'an.

O'mirinin' aqırında onın' biytaplıq ha'm awır halınan xabardar bolg'anday ilimpazdın' ya bala-shag'ası, ya ag'ayın-tuwg'anı bolg'an joq. Alımnımdın' qa'dır-qımbatın bilgen az sandag'ı saray ilimpazları, basqa da aldın'g'ı qatar adamlar onı en' aqirg'ı jolg'a shıg'arıp saldı ha'm basına elespesiz maqbara ornattı. Waqıttın' o'tiwi menen babamızdın' qa'biri umitıldı.

Solay etip bizin' atı a'lemge belgili alımnımdı aqirg'ı demi jetkenshe o'zin ilimge bag'ıshladı. Onın' nesiyesine awır o'mir tiydi. Jaslıq shag'ı kisi esiginde, o'mirinin' qalg'an bo'leginin' derlik barlıg'ı patshalar, xanlar saraylarında o'tti. Sonlıqtan da A'l-Beruniy babamız keyingi a'wladqa o'zinin' kitaplarınan basqa hesh na'rse de qaldıra almadı.

Ulıg'bektin' Samarqandtag'ı ilimiy mektebi ha'm akademiyası

Bir yarım a'sirdey hu'kimlik etken mongol tatarlarının' awhalı XIV a'sirdin' ortalarında biraz quramalastı. Ma'selen, tariyxıy dereklerden biz usı a'sirdin' 40-jılları Maverennaxrda mongol tatarlarınan Qazan xandı ushıratamız. Bul xan o'zinin' u'stemligin arttırıw barısında urıw ha'm taypalardın' basshıları menen dushpansılıg'ın ku'sheytti. Usınday jaqdaylarg'a baylanışlı 1346-jılı Qazan Qazag'an basshılıg'ındag'ı urısta o'ltirildi. Ol Maverennaxrg'a u'stemlik ete basladı. Al buring'ı SHaqatay ma'mleketinin' qalg'an bo'legi dulatlar urıwının' basshısı bolg'an basqa a'skerbasının' qol astına o'tti. Bul adamlar SHın'g'ısxannın' urpaqlarınan emes. Sonlıqtan da, joqarıda atı keltirilgen adamlardın' ma'mleket basına keliwin mongol tatarlarının' hu'kimliginin' Maverennaxrdag'ı aqırı dep qarawımızg'a boladı.

Qazaxannın' o'zi ku'yew balası ta'repinen 1358-jılı o'ltiriledi. Bunnan keyin hu'kimlik onın' balası Abdullag'a o'tti. Maverennaxrdın' paytaxtı Samarqandqa ko'shiwi Abdullanın' atı menen baylanışlı. 1362-jılı mongol xanı Tuluk-Timur Maverennaxrdı qayta basıp alıw maqsetinde shabıwıl jasadı. Bolajaq a'mir Timurdın' birinshi sa'tli a'skeriy xızmetleri baslandı ha'm ol SHaxrisabz benen Qarshının' ha'kimi etip tayınlandı. Qazaqannın' aqlıg'ı bolg'an Huseyn menen Timur birgelikte ha'reket etti, birese bir-birine qarsı gu'res ju'rgizdi. Usınday ha'reketlerdin' na'tiyjesinde Timur 1370-jıldan baslap paytaxtı Samarqand bolg'an Maverennaxrdın' a'miri da'rejesine jetti.

Timur ta'repinen ha'kimshilik etilgen ma'mleket musulman ha'm parsı ma'deniyatlarının' elementleri bar, tu'rk-mongol a'skeriy du'zimge iye ma'mleket edi. Altın ordanı qıyratıwı. İrang'a, Kavkaz ellerine, İndiyag'a, Kishi Aziyag'a bolg'an basıp alıwshılıq topılıslarının' na'tiyjesinde Timur ma'mleketinin' shegaraları a'dewir ken'eydi ha'm qu'direti astı. Samarqand qalasında u'lken arxitekturalıq a'hmiyetke iye bolg'an saraylar, oqıw orınları salındı. Sonın'

menen birge Maverennaxrdin' paytaxtının' ekonomikalıq ha'm ma'deniy turmısına İndiya, Qıtay, İran, SHıg'ıs Evropa menen bolg'an tıg'ız qatnas a'dewir unamlı ta'sirin jasadı.

Ulug'bek (Timurdin' balası SHaxruxın' ulı) 1394-jılı 22-mart ekshembi) ku'ni Sultaniyada Timurdin' İrang'a ha'm Kishi Aziyag'a bolg'an ekinshi bes jıllıq shabıwılı waqtında tuwıldı. Balag'a Muxammed Taraqay atı qoyıldı (Taraqay Timurdin' a'kesinin' atı). Kishkene waqtınan baslap bolajaq ilimpaz a'mir Timurdin' u'lken hayalı Saray-Mu'lik xanımına ta'rbiyag'a beriledi. Ulug'bek 1405-jılı 18-fevral ku'ni Timur qaytı bolg'ang'a shekem derlik barlıq waqıtları atası ju'rgizgen shabıwillarda birge alıp ju'riledi, a'mirdin' shet el elshilerin qabıllaw saltanatlarına qatnastı. Biraz jıllardan keyin Tarag'ay kem-kemnen Ulug'bek (Mirza Ulug'bek) atı menen almasırdı.

Timur qaytı bolg'annan keyin onın' balaları arasında a'keden qalg'an miyrastı bo'liwge ha'm siyasiy u'stemshilikke baylanıslı u'lken ja'njeller, urıslar baslandı. Son'g'ı bes jıl ishinde ma'mleket tiykarınan ekige bo'lindi. Maverennaxrda 1409-jılı taxt basında 15 jasar Ulug'bek keldi. Paytaxtı Gerat bolg'an Timur ma'mleketinin' tu'slik bo'limi Ulug'bektin' a'kesi SHaxruxın' qol astına o'tti.

Ulug'bektin' qanday bilim alg'anlıg'ı haqqında tariyxta derlik hesh na'rse qalmag'an. Onı jaslıq waqtında ta'rbiyalag'an Saray-Mu'lik xanımda, qamxorlıq etken SHax-Melik te sawatlı adamlar bolmag'an. Biraq Ulug'bektin' a'kesi SHaxrux kitaplar oqıg'andı, jıynag'andı jaqsı ko'rgen. Ol Gerat qalasında sol waqıtlardag'ı en' bay kitapxana du'zdi. Ulug'bek bul kitapxanada ko'p jumıs isledi. Joqarıda keltirilgen Platonın', Aristotel, Gipparx, Ptolomey, al-Ferganiy, A'l-Beruniy, A'biw-A'liy ibn-Sino, al-Xorezmiy ha'm Omar Hayyamın' jumısları menen tanıstı.

1417-jılı Ulug'bek Samarqandta medrese salıwdı basladı. Bul qurılıs u'sh jılda pittı. Medresenin' oqıtıwshılardı Ulug'bektin' o'zi tan'lap alg'an. Mısal retinde olardan Muhammed-Xavafidi (medresedegi birinshi lektsiyanı oqıg'an adam), matematik ha'm astronomlar Salaxuddin-Muwsa-bin-Maxmudtı (Qazızada dep te ataladı), G'iyas-ad-din Ja'mshid bin-Mas'udtı (bul kisi 1416-jıldın' o'zinde astrolyabiya haqqında traktat jazdı), Muin-ad-din-di, onın' ulı bolg'an Mansur-Qashını, Ulug'bek miynetlerinin' tu'sindiriwshisi A'liy-ibn-Muhammed Birjanjiydi ko'rsetiwge boladı. Medresede tiykarg'ı din tanıw menen birge matematika ha'm astronomiya oqıtıl'g'an.

Maverennaxrdin' a'miri bolıwdın' barısında Ulug'bek ko'plegen sha'kirtler de tayarladı. Olardıń ishindegi en' ko'rneklilerinen A'lewa'tdin A'liy-ibn-Muxammed Qusshını, keyin ala Ulug'bektin' miynetlerin xalıqlar arasında ken'nen tarqatıwg'a u'les qosqan Maryam SHalabiydi atap o'temiz.

Geypara tariyxıy derekler boyınsha Ulug'bektin' 1417-jılı astronomiyalıq baqlawlar ju'rgiziw ushın observatoriya salıwg'a bag'ıshlang'an ken'es o'tkergenin bilemiz. Bul haqqında ma'selen Ulug'bektin' zamanında jasag'an A'bdirazaq Samarqandiy bılay dep jazadı. "...Usı maqsette ol (Ulug'bek) o'zlerinin' islerin jaqsı biletug'in ta'jiriybeli matematiklerdi, geometrlerdi, astronomlardı, qurılıshılardı shaqırdı. Ken'este sol waqıttın' Platonı Salxutdin-Muwsa Qazızada, sol waqıttın' Ptolomeyi A'liy Qusshi, G'iyas-ad-din Jamshid, Muwin-ad-din ... ler qatnastı" (keyinge ekewi basqa jerlerden shaqırıl'g'an). Ulug'bek aldın'g'ı qatar ilimpazlardın' bul jıynalıısında sol waqıtlarg'a shekem astronomiya ilimine u'les qosqan Bag'dad, Damask, İsfaxan, Marage observatoriyaları haqqında ga'p etken. G'iyas-ad-din Jamshid bin-Mas'ud sol waqıttag'ı astronomiyalıq a'sbaplar haqqında bayanat isledi. Ken'es qatnasıwshıları bolajaq observatoriya islenetug'in izertlew jumıslarının' za'ru'rılıgı de atap ko'rsetken. Usı jerde Orta a'sirlerdegi Oraylıq Aziya xalıqlarının' ilimpazlarında o'zlerinen buring'ı oyshıllar qaldırg'an miyraslarg'a u'lken hu'rmet penen qaraw, miynetlerinde o'zlerinen buring'ıların' isenimli etip tekserilgen na'tiyjelerin keltiriw da'stu'rlerinin' bar bolg'anlıg'ın aytıp o'tkenimiz orınlı boladı.

1417-jıl'g'ı ken'este astronomiyalıq observatoriyanın' qurılıwının', onın' qanday bolıwının' kerekli ekenligi haqqındag'ı ma'seleler sheshilgen. Usı sheshim boyınsha observatoriya sol waqıtlardag'ı en' da'l o'lsheuler ju'rgiziliwinin' kerekligi, bunday o'lsheuler jumıslarının' a'sirler

dawamında alıp barılıwının' za'ru'rliğı moyınlang'an. Tariyxıy derekler observatoriyanın' da u'sh jıldı pitkerilgenligin aytadı.

Joqarıda keltirilgen mısallardıń barlıg'ı da Ulug'bektin' ilimdegi jalg'ız izertlewshi bolmag'anın, al onın' o'zinin' a'tirapına ko'plegen ilimpazlardı toplaǵ'anın, ilimdi, ma'deniyattı rawajlandırıw maqsetinde medreseler, observatoriyalar saldırg'anlıǵınan derek beredi. Sonın' menen birge medreselerde, observatoriyada ko'plegen kitaplar jıynalg'an. Adamzat tariyxında bunday a'mir-ilimpazdı birinshi ma'rtebe ushıratamız.

Observatoriyanın' qurılıs haqqında ga'pti keyinirekke qaldıramız ha'm Ulug'bek, onın' ilimiy xızmetkerleri ta'repinen alıng'an na'tiyjelerdi bayanlaymız.

Ulug'bek basqarg'an ilimiy jumıslardıń en' tiykarg'ı na'tiyjeler "Ulug'bek Zidji" yamasa "Qurag'aniy Zidji" dep atalatug'ın astronomiyalıq kestelerde berilgen (Qurag'aniy atı Ulug'bektin' keyin jurtına baylanışlı kelip shıqqan ha'm onın' zamanlasları ta'repinen geyde Ulug'bek Quraqoniy dep te atalg'an). Jigirmalag'an jıl ishinde ju'rgizilgen baqlawlardıń na'tiyjederin o'z ishine alatug'ın bul miynet kirisiwden ha'm astronomiyalıq kestelerdin' o'zinen turadı. Ulug'bektin' 4 bo'limnen turatug'ın kirisiwinin' teoriyalıq ha'm metodologiyalıq a'hmiyeti ullı.

Kirisiwdin' birinshi bo'liminde greklardin', siriyalıqlardıń persiyalıqlardıń, Qıtay xalıqlarının', uyqurlardıń kalendardarı, jıl, ay ha'm olardıń bo'limleri haqqında teren' mag'lıwmatlar berilgen. Tekst SHıg'ıs ilimpazları ta'repinen alıng'an na'tiyjelerdi basqa astronomlardıń an'sat qollana alıwı ushın ko'psanlı kesteler menen bayıtılǵan. 22 baptan turatug'ın ekinshi bo'limi astronomiya iliminin' usılların ta'riyplewge bag'ishlang'an. U'shinshi bo'limnin' 13 babı Quyashtın', Aydın' ha'm planetalardıń aspan sfferasında anıqlaw usılların bayanlaydı. Qalg'an eki bap Quyashtın' penen Aydın' tutılıwların o'z ishine aladı.

Kirisiwdin' keyingi 4-bo'limi astrologiyag'a bag'ishlanıp aspan denelerinin' jaylasıwlarınan adam ta'g'dirine ta'sirin tiykarlawdı qamtıydı. Usı jerde astrologiyalıq ma'selelerdi sheshiwidin' Ulug'bek ha'm onın' zamanlasları ushın en' tiykarg'ı ma'selelerdin' biri bolg'anın an'g'arıwımız kerek.

Ulug'bektin' ju'rgizgen ilimiy jumıslarının' dinge qayshı kelmegenligin de aytıp o'tiwimiz kerek. Bul haqqında joqarıda atı keltirilgen ibn-IUnus bilay jazg'an "Aspan denelerin izertlew dinge jat emes. Tek usı izertlewdin' na'tiyjeleri g'ana namaz oqıwdın' waqtın, oraza payıntında awqat jewge, suw ishiwge bolmaytug'ın waqıtta bilemiz. Quyashtın', Ay tutılǵanda qudayg'a o'z waqtında sıyıwıw ushın qashan tutılıw bolatug'ınlıǵın aldın-ala biliw kerek. Bunday izertlewler namaz og'ılǵanda adam ju'zin qaratıp turıw ushın Qa'banın' qaysı ta'repte ekenligin biliw ushın za'ru'rli...".

Ulug'bektin' kestelerinde astronomiyanın' tiykarg'ı turaqlıları berilgen. Ma'selen Ulug'bek boyınsha juldızlıq jıldın' uzınlıǵı 365 ku'n 6 saat 10 minut 8 sekund (ha'zirgi ku'nleri qabıl etilgen ma'nisinen 1 minut 2 sekundqa ko'p). Ulug'bek boyınsha Saturn planetası jılına 12 gradus 13 minut 39 sekundqa awısadı (ha'zir qabıl etilgeninen 3 sekundqa artıq). Bunday masıllardı ko'plep keltiriw mu'mkin. Olardıń barlıg'ı da Ulug'bektin' ju'rgizgen o'lshewlerinin' qanday da'rejede da'l bolg'anlıǵın ko'rsetedi.

Ulug'bek fundamentallıq a'hmiyetke iye da'l juldızlar kestesi du'ziwdegi Gipparxtan keyingi astronom bolıp tabıladı. Bul keste 1018 juldızdı o'z ishine aladı. Solardıń 900 inin' uzınlıǵı (dolgota) ha'm 878 inin' ken'likleri (shirota) Ulug'bek observatoriyasında o'lshegen (solardıń ishinde 700 juldızdıń eki astronomiyalıq koordinatası bolg'an uzınlıq ha'm ken'lik observatoriya xızmetkerleri ta'repinen tolıq qayta o'lshegen). Qalg'an juldızlardıń uzınlıqları ha'm ken'likleri sol waqıtqa shekem belgili bolg'an kestelerde ko'rsetilgen juldızlardıń uzınlıqları menen ken'liklerine du'zetiwler kirgiziw jolı menen paydalanılǵan. Ulug'bek ushın A'bdırxman Sufıydn' juldız kestesi tiykarg'ı bolıp tabıldı. O'z gezeginde bul kestedegi na'tiyjelerdin' basım ko'pshiligi Ptolomey kestesinde bar bolıp shıqtı. Ulug'bek kesteleri da'llıgı

jag'ınan sol waqıtqa shekemgi en' da'l bolg'an Gipparx kestelerinin' da'lliginen joqarı turıp Tixo Brage (1546-1601) zamanına shekem birinshilikti qoldan bermedi⁶³.

Ulug'bek kestelerde keltirilgen matematikalıq izertlewler ha'zirgi ku'nlerge shekem a'hmiyetin jog'altqan joq. Kestelerdin' trigonometriyalıq kestelerge bag'ishlang'an bo'limi sinus, kosinus ha'm olar arasındag'ı qatnaslardı ta'riplew menen baslanadı. Ulug'bek bul jerde minutlardın' sinuslarının' keltirilgenligin, al sekundlardın' sinuslarının' interpolyatsiyanın' ja'rdeminde esaplawdın' mu'mkinligin jazadı. "Sinuslardın' ha'm sayalardın' (tangensler menen kotangensler) kestesi esaplaw, - dep jazdı Ulug'bek, - usı waqıtqa shekem hesh kim isenimli etip anıqlanbag'an bir gradustın' sinusına tiykarlang'an". Na'tiyjede bir gradustın' sinusı ushın 0,017 452 406 437 283 571 shaması alındı. Bunday da'l esaplawlardı ju'rgiziw ushın qansha esaplawshılardıń qatnasqanın aytıw qıyın. Ha'zirgi waqıtları ko'pshiligimizdin' qollarımızda esaplaw mashinaları bar bolg'anlıqtan joqarıda keltirilgen misaldın' durıs ekenligin tekserip ko'riwdi oqıwshılarg'a usınıs etemiz.

O'zinin' miynetlerinde Ulug'bek o'zine shekem qabıl etilgen Ptolemey sisteması tiykarındag'ı ko'z-qaraslarda turadı. Onın' alg'an na'tiyjeleri (o'lshew da'lliginin' ele de jetkiliksizligi), sol zamandag'ı ko'z-qaraslar Ulug'bekke geliooraylıq sistemag'a o'tiw boyınsha revoliutsiyalıq pikirler aytıwg'a mu'mkinshilik bermedi. Biraq qalay degen menen Ulug'bek kestelerin, onın' menen birge islesken ilimpazlardın' miynetlerin oqıg'anımızda du'nyanın' orayındag'ı Jerdi Quyash penen almastırg'anda da sezilerliktey o'zgerislerdin' bolmaytug'ınlig'ı haqqında pikirlerdi tabamız. Ma'selen, joqarıda ayılğ'an Qazızada o'zinin' «SHarx Jagmini» shıg'armasında «... ayırım ilimpazlar Quyashtı planetalardıń orbitalarının' ortasında jaylasqan dep esaplaydı. A'sterek qozg'alatug'ın planeta Quyashtan u'ikenirek qashılıqta turadı». Usı miynetin' o'zinde bılay da jazılğ'an «Jer qozg'almaydı. Onın' orayı A'lemnin' orayına sa'ykes keledi. Usınday gipoteza u'ikenirek itimallıqqa iye. Biraq basqa da gipoteza bar. Qay jerde ornalasqanlıg'ına qaramastan awır dene Jerdin' orayına qarap qozg'alatug'ın bolg'anlıqtan Jerdin' orayı tek g'ana Jerdin' a'tirapındag'ı awır denelerdin' g'ana orayı bolıp tabıladı. Sonlıqtan Jerdin' orayının' ha'm usı oray menen birgelikte Jerdin' o'zi de qozg'aladı dep sanawg'a boladı. Bunday gipoteza da dım jaqsı.» Usınday pikirlerdi biz Ulug'bektin' en' jaqın ja'rdemshilerinen bolg'an A'liy Qusshının' «Teologıyanın' tezislere tu'sinikler» miynetinde de tabamız. Joqarıda keltirilgen tariyxıy dereklerin' barlıg'ı da Ulug'bektin' geliooraylıq sistemadan qashıq bolmag'anlıg'ın da'lileydi.

Zidjdın' du'ziliw barısında Ulug'bektin' en' jaqın ja'rdemshilerinen G'iyas-ad-din Ja'mshid 1429-jılı, Salaxutdin-Muwsa Qazızada 1435-jılı qaytıı boldı.

1449-jılı 27-oktyabr ku'ni Ulug'bek balası Abdulla'tif ta'repinen o'ltiriledi. Usının' menen birge Orta a'sirlerdegi Oraylıq Aziyadag'ı astronomıyanın' rawajlanıwı da tamam boldı. Ulug'bektin' sadıq dostı A'lewa'tdin A'liy-ibn-Muhammed Qusshı ka'rwın du'zip Samarqandtan juldızlar kestesi menen ko'plegen qoljazbalardı alıp ketip u'lgerdi. Ol Stambul'g'a jetip sol jerdegi joqarı oqıw ornının' da'slep oqıtwshısı, keyinen rektori bolıp isledi ha'm o'mirinin' aqırına shekem (1474-jıl) Ulug'bektin' ilimiy miyrasların ha'r qanday eller arasında tarqatıw menen shug'ıllandı.

Ulug'bek kestelerinin' ekinshi nusqası Gerat qalasına jetken ha'm Alisher Nawayının' zamanında ko'shirip jazıwlar arqalı parsı ha'm arab tillerine awdarılıp, ko'p jerlerge taratılğ'an.

Ulug'bektin' juldızlar kestesi 1665-jılı Oksfordta, 1843-jılı Londonda basıldı. Kestegе kirisiw Parij qalasında 1853-jılı jarıq ko'rdi. Al Vashington qalasında Ulug'bek kesteleri boyınsha ju'rgizilgen izertlew jumıslarının' na'tiyjeleri 1917-jılı baspadan shıqtı.

Ulug'bektin' juldızlar kestesinde keltirilgen astronomiyalıq shamalardıń da'lliginin' joqarılıg'ı son'g'ı waqıtta jasag'an astronomlarda Ulug'bektin' o'zinin', observatoriyasının' XU' a'sirde du'nyada bolg'anlıg'ı haqqında gu'ma'n payda etti. A'sirese XVIII ha'm XIX a'sirdin' astronomları sonshama da'rejedegi joqarı da'lliktin' XV a'sirde alınıwının' mumkin emesligin da'lillewge tırıstı.

⁶³ Tixo Brage ta'repinen alıng'an da'l na'tiyjeler Kepler ta'repinen paydalanılıp, belgili u'sh nızamnın' (Kepler nızamlarının') ashılıwının' sebeptisi boldı.

Haqiqatında da Ulug'bek qaytis bolıwdan onın' observatoriyası talam-taraj etildi, qolg'a ilingendey na'rselerinin' ba'ri de urlandı, 1499-jılı Timurdın' dushpanı bolg'an SHeybanı-xan ta'repinen kek alıwdın' bir tu'ri retinde observatoriya pu'tkilley qıyratıldı. Keyin ala observatoriyanın' turg'an jeri bilinbey ketken ha'm sonlıqtan onın' bar bolg'anlıg'ının' o'zi a'sirese ilimpazlar arasında gu'man tuwdırdı.

Observatoriyanın' bar bolg'anlıg'ı haqqında Ulug'bektin' zamanlasları ha'm onnan keyingi bir qansha tariyxshılar jazba tu'rde miyraslar qaldırg'an. Ulug'bektin' kishi zamanlası, observatoriyanı o'z ko'zi menen ko'rgen A'bdirazaq Samarqandiy o'ziniy "Eki baxıtlı juldızlar toparının' tuwılıwı" shıg'armasında bılay jazadı: "astronomiyalıq baqlawlar ju'rgiziw ushın (qurılğ'an) a'sbaplardı tekserip ha'm jetilistirilip bolg'annan keyin (Ulug'bek) kestelerdi du'ziw haqqında buyırıq berdi... Bina bekkem etip salıng'an edi... (İlmpazlar) jıynalıstı binanı uzaq waqıt, ma'n'gi saqlanıwı, awıspawı, terbelmewi ushın bekkem etip salınıwının' kerekligi haqqında qarar shıg'ardı. Sonın' saldarınan biyik, do'n'gelek ta'rizli saray salındı... Keyninen Quyashtın', juldızlardın' qozg'alısların baqlawg'a buyırıq berildi, anıqlıg'ı ha'm da'lligi menen ayırılutug'ın Quyashtın' ha'm juldızlardın' qozg'alıslarının' kestesinin' du'ziliwi baslandı".

XV a'sirdin' aqırının' tariyxshısı Mirxond bılay jazadı: «Sonın' menen birge sheber ustalardı observatoriyanın' qurılısına kirisiwi ushın ullı buyırıq shıqarıldı. Bul iske astronomiya iliminin' su'yenishi, ekinshi Ptolomey G'iyasaddin Jamshid ha'm ilimdi o'zine sıydırıwshı mirza Nizamaddin al-Qashılar qatnastı. Qurılıs tırıswıların', puxtalıqtın' ha'm taban tirewshiliktin' saldarınan tez arada pittı». Mirxondtın' bul miyneti Alisher Nawayının' usınısı boyınsha jazılğ'an degen tariyxıy derekler bar.

Ulug'bek o'lgennen keyin observatoriyanı Zaxreddin Babur (en' ataqlı Timuridlerdin' biri ha'm mogolidler ma'mleketinin' tiykarın salıwshı) barıp ko'rgen ha'a'm XVX a'sirdin' basında «Baburnamada» bılay jazadı «...observatoriya u'sh basqıştan (qabattan) turadı. Bul jerde Ulug'bek ha'zir pu'tkil du'nyada qollanılıp atırg'an «Qurag'aniy kestelerin» du'zdi. Basqa kesteler kem qollanıladı... Pu'tkil du'nyada jeti yamasa segiz observatoriya qurılğ'an bolsa kerek. Solardı en' ullısı Ulug'bek observatoriyası bolıp tabıladı».

Ulug'bek observatoriyası 1908-jılı Samarqand arxeologı V.L.Vyatkin ta'repinen Samarqand qalasının' arqa-shıg'ıs ta'repinde Tashkent jolına jaqın jerde Kuhaq to'beliginin' basınan tabıldı. To'beliktin' biyikligi 21 metr bolıp onın' basına shıqqan adamg'a ken' gorizont ashılardı. Observatoriyanı izlew jumısları tariyxıy hu'jjetler tiykarında o'tkerildi. Arxeologiyalıq qazılmalar bunnan keyin 1914-, 1941- ha'a'm 1948-jılları ju'rgizildi ha'm observatoriya ha'm onda qollanılğ'an bas a'sbap haqqında bir qansha tolıq mag'lıwmatlar alındı. Qazba jumıslarının' barısında observatoriya 6000 kub metrdey qulap qalqan qurılıstın' qaldıqları ashıldı. Bul shama Ulug'bektin' qanday u'kenliktegi jaydı saldırg'anlıg'ı haqqındag'ı da'slepki maqlıwmatlardı beredi.

Arxitektor-arxeologlardın' tastıyıqlawı boyınsha Ulug'bek observatoriyası tsilindr ta'rizli bolıp onın' tırnag'ının' diametri 48-50 metrge, biyikligi 29 metrge ten' bolg'an. Observatoriya g'a ornatılğ'an bas a'sbap sekstant (ayırım izertlewshilerdin' pikiri boyınsha kvadrant) shama menen 40 metrlik radiusqa ten'. Onın' biraz bo'legi jer astında jaylasqan bolıp dog'asının' uzınlıg'ı sekstant bolg'an jag'dayda keminde 42 metrge ten'. Bunday jag'dayda dog'anın' ha'rbir 701,85 millimetrine 1 mu'yeshlik gradus sa'ykes keledi. Bul sekstant meridian boyınsha (arqadan tu'slikke) da'l bag'ıtlang'an bolıp, onın' ja'rdeminde Quyashtın', Aydın', planetalardı, juldızlardın' meridian sızıg'ı arqalı o'tken payıtındag'ı koordinataları joqarı da'llikte o'lishengen.

Joqarıda keltirilgen mag'lıwmatlar Ulug'bek ta'repinen sol da'wirge shekem bolmag'an ilimiy observatoriya salıng'anlıg'ınan derek beredi. Bunday is sol waqıtları tek g'ana qu'diretli ma'mleket basshısı ha'm en' aldın'g'ı qatar alımnın' qolınan keliwi mu'mkin edi.

Tilekke qarsı, Ulug'bek zamanında ken'nen orın alg'an diniy fanatizm, Jerdi A'lemnin' orayı dep esaplaw da'stu'ri bizin' Ullı jerlesimizge sistemasızdın' orayında Quyash jaylasqan dep esaplaytug'ın geliooraylı astronomiyag'a batıl tu'rde o'tiwge mu'mkinshilik bermedi.

Musılman ellerinin', sonın' ishinde Oraylıq Aziya ellerdin' astronomiyası Ulug'bekten keyin aytarlıqtay tabısqa erispedi. Ulug'bek bul ellerdi astronomiyalıq ha'm matematikalıq bilimler menen to'rt a'sirdin' dawamında tolıq ta'miynledi.

Evropada orta a'sirlerdegi ilimnin' rawajlanıwı

En' ertedegi Orta a'sirlerde (VII-XI asirler) SHıg'ıs ma'mleketleri Evropa ma'mleketlerinen ekonomika ha'm ma'deniyattın' rawajlanıwı boyınsha ju'da' alg'a ketken edi. Mısalı XI a'sirdin' basında Beruniy Jerdin' radiusın anıqlap, du'nyanın' geliooraylıq sisteması haqqında oylar ju'rgizgende, «Hindistan», «Geodeziya», «Mas'ud kanonı» sıyaqlı og'ada a'hmiyetli entsiklopediyalıq miynetler jazg'an da'wirde Evropada Jerdi okeanda qalqıp ju'rgen, to'besi aspan gu'mbezi menen bastırılğ'an shelpək ta'rizli na'rse degen nadan ko'z-qaraslar hu'kimlik qıldı. Bul jerde katolik shirkewirin' ta'siri og'ada ku'shli bolıp, olar ilimpazlardı, aldın'g'ı qatar bilimli adamlardı quwdaladı, olardı «qudaysızlar», «sıyqırlı adamlar», «jin-shaytanlar menen baylanısı bar» dep ayıplap, ko'pshiligin azaplaw jolı menen joq etti (bunın' ayqın mısalı Djordano Bruno). Katolik shirkewinin' belgili adamlarınin' biri blajenniy Avgustin⁶⁴ antipodlar⁶⁵ haqqındag'ı ko'z-qaraslardı biyma'nilik dep esapladı. Al katoliklerdin' ekinshi ullı wa'kili Foma Akvinskiy «Filosofiya din ta'limatınin' xızmetkeri» dep dag'azaladı.

Biz bul jerde xristian dini ulamaları ta'repinen bilimli adamlardı, ilimpazlardın' ken' tu'rde og'ada jawızlıq penen quwdalang'anlıg'ın ja'ne bir ret qaytalaymız. Bunday quwdalawlar XVII a'sirlerdin' baslarına shekem dawam etti ha'm shirkewden en' aqırğ'ılar qatarında Galileo Galiley ja'bir ko'rđi. Al XVII a'sirlerdin' ortalarınan baslap xristian dini bunday quwdalawlardı pu'tkilley toqtattı. Mısalı İsaak Niutonnın' jumıs islewine xristian shirkewi hesh qanday tosqınlıq jasamadı.

X a'sirden baslap Evropa menen SHıg'ıs ma'mleketleri arasında ekonomika ha'm ma'deniyat tarawında tıgız baylanıslar du'zile basladı. Bunday o'zgerislerdin' ju'zege keliwinde XI a'sirdin' ekinshi yarımınan baslap belgili Krest atlanısları ullı orındı iyeledi. Olar evropalıqlarg'a jan'a ekonomikalıq, texnikalıq ha'm ma'deniy mag'lıwmatlardı alıp keldi.

Evropadag'ı o'nermetnshilik penen sawda islerinin' rawajlanıwı ekonomika menen ma'deniyatqa jan endirdi. Birinshi universitetler payda boldı. Olardıń birinshisinin' İspaniyadag'ı Kordovadag'ı universitet ekenligin atap o'tken edik. Bunday universitetler keyinirek Italiyada, Parijde, Angliyada payda bola basladı. Orta a'sirlerdegi Evropadag'ı universitetler ha'zirgi universitetlerden u'lken ayırmag'a iye edi. Biraq sol universitetlerde bolg'an doktor ha'm magistr ilimiy da'rejeleri, professor ha'm dotsent ilimiy ataqları, bilim beriwdin' tiykarg'ı forması bolg'an lektsiyalar oqıw, universitetin' bo'limi sıpatındag'ı fakultetler usı waqıtlarg'a shekem saqlanıp kelmekte. Sonın' men birge sol waqıtları ken' tu'rde qollanılg'an disputlar, ilimiy diskussiyalar ha'm seminarlar o'tkeriw de usı waqıtlarg'a shekem saqlanıp keldi ha'm a'melde ken' tu'rde qollanıлмақта.

Orta a'sirler universitetlerindeki lektsiya (latinsha lectio oqıw degen ma'nide) bilim beriwdin' tiykarg'ı forması boldı. Sebebi bul waqıtları kitaplar az ha'm qımbat edi. Sonlıqtan diniy ha'm ilimiy miynetlerdi oqıw ha'm olarg'a kommentariyler (tu'sinikler) beriw informatsiyanın' a'hmiyetli formalarınin' birin quradı. Katolik xramlarındag'ı qudayga sıyınw sıyaqlı lektsiyalar da latin tilinde oqıldı. XVIII a'sirge shekem latin tili xalıq aralıq ilimiy til bolıp keldi. O'zinin' ilimiy jumısları latin tilinde Kopernik, Djordano Bruno, Kepler, Galileo Galiley, Niuton Lomonosov ha'm basqalar jazdı.

Usı waqıtlarg'a shekem Evropa universitetlerinde saltanatlı shıg'ıp so'ylewler ha'm diplomlar latin tilinde jazıladı, saltanatlı aktlerde professorlar orta a'sirlerdegi doktorlar

⁶⁴ «Blajenniy» so'zi qaraqalpaq tiline shadlı, masayrag'an, jaynap jasnag'an, samsamıraq, jillilew, jilli, samsam degen ma'nilerdi an'latadı. Avgustinnin' masayrag'an adam yamasa jilli ekenligi bul jerde a'hmiyetke iye emes.

⁶⁵ Antipodlar – Jer sharının' qarama-qarsı ta'repinde jasawshı adamlar. Qaraqalpaqstanlılar ushın antipodlar joq, sebebi Jer sharındag'ı Turan oypatına qarama-qarsı territoriya Tınısh okeanında jaylasqan.

mantiyasında ha'm bas kiyiminde shıg'adı. Bul orta asirlerdegi universitetlerden qalg'an da'stu'rler bolıp tabıladi.

XVIII a'sirge shekem ilimiy til latin tili boldı.

İlimnin' rawajlanıwına alıp kelgen ekinshi jag'day texnikanın' rawajlanıwı bolıp tabıldı. Mexanikalıq saat, ko'z a'ynek, kitap basıp shıg'arıw, qag'az o'ndirisi ta'biyattanıwdın' rawajlanıwında ullı orındı iyeledi. TSivilizatsiyanın' rawajlanıwında kompas belgili bir a'hmiyetke iye boldı. XI a'sirdin' o'zinde qıtaylılarga magnitlik qa'siyetke iye jin'ishke sabaqqa ildirilgen zatların' tu'slik penen arqa ta'replerdi ko'rsetetug'ınday bag'ıtta burılatus'ınlg'ı belgili edi. Arab ten'izde ju'ziwshileri kompastı XII a'sirdin' basınan baslap paydalana basladı. Al Evropaga kompas XII- XIII a'sirlerde enedi.

Evropadag'ı ilimnin' rawajlanıwına alıp kelgen u'shinshi jag'day a'yyemgi ilimiy miyraslar menen tanısıw edi. XII a'sirde Evklidtin' «Baslama» larının', Arximed, Ptolemey ha'm basqa da grek ilimpazlarının' miynetlerinin' latin tilindegi awdarmaları payda boldı. Tap sol waqıtları A'l-Xorezmıy, Alxazennin' miynetlerinin' de arab tilinen latin tiline awdarılğ'an variantları Evropa ma'mleketlerine tarqala basladı. Bul alg'a julıwların' barlıg'ı da xristian shirkewinin' qatan' tu'rdegi baqlawı astında alıp barıldı. Pikirleri xristian dininin' ideologiyasına sa'ykes kelmeytugin ilimpazlar qatan' tu'rde jazalandı, ko'pshiligi quwdalandı. Bunday unamsız waqıyalar a'sirese XIV a'sirden baslap ha'wij aldı.

Orta a'sirlerdegi Evropada ilimnin' rayajlanıwına u'leslerin qosqan ayırım ilimpazlar xaqında ga'p etemiz.

Evropadag'ı ta'jiriybege su'yenetug'in ta'biyattanıwdın' birinshi ta'repdarı monax Rodjer Bekon (1214-1294) Angliyada tuwılğ'an. Parij ha'm Oksford universitetlerinde oqıg'an, a'yyemgi ha'm arab qoljazbaların teren' u'yengen. Tu'rmede 20 jıldan aslam waqıt otırg'an ha'm 74 jasında qamaq jazasınan azat etilgen.

Bekon haqıyqıy bilim ta'jiriybeden alınadı dep oqıttı. «Bilim alıwdın' eki usılı bar: argumentler arqalı ha'm ta'jiriybe arkalı. Argument juwmaq shıg'arıwg'a ha'm ma'sele haqqında sheshim kabil etiwge alıp keledi. Biraq ol adamnın' haqıyqatlıqtı taptım dep tınıshlanıwı ushın gu'walıq bermeydi ha'm haqıykatlıq ta'jiriybede tabılğ'ansha payda bolğ'an gu'manlardı joq ete almaydı».

Bekonın' o'zi sharshamay eksperimentler o'tkeredi. Ol poroxtıń kuramın, fosfordı, magniydi, vismutı alıw usılların tabadı, puwdın' ta'sirin u'yrenedi. Ol Optika ma'seleleri menen ko'p shug'ıllangan, kishkene tesiklerdin' ta'sirin (kamera-obskuranın' printsipin) bilgen, sferalıq aynalardın' ta'sirin u'yengen. Ol bunday aynalarda shagılısqan nurlardın' bir noqatta kesilispeytug'ınlg'ın, yag'niy sferalıq aberratsiya qubılısın ashtı. Ol raduganın' payda bolıwın jamg'ır tamshılarındag'ı jaqtılıqtın' sınawınan dep tu'sindirdi, al ko'zi a'zzi ko'riwshi adamlarg'a ko'zdin' aldına bir ta'repi do'n'es linzanı qoyıwg'a ken'es berdi. Bekon ilimiy eksperimentlerdin' rawajlanıwı ullı texnikalıq oylap tabıwılarg'a alıp keledi dep esapladı.

Nikolay Kopernik

İlim tariyxında polyak Nikolay Kopernik (Kopernik, Copernicus) du'nyanın' geliooraylıq sistemasın do'retiken ha'm usıg'an baylanıslı pu'tkil ta'biyattanıwda revoliutsiyalıq o'zgeris payda etken ilimpaz sıpatında belgili. Onın' 1543-jılı jariq ko'rgen papa Pavel III ke arnap jazılğ'an ha'm derlik 30 jıllıq astronomiyalıq baqlawlarının' na'tiyjesi bolğ'an «Aspan sferalarınin' aylanıwları haqqında» («De revolutionibus orbium coelestium») miyneti katolik shirkewi ta'repinen 1616-jıldan 1828-jılğ'a shekem qadag'an etildi. N.Kopernik derlik eki mın' jıl hu'kim su'rgen Aristotel, K.Ptolemey, A'l-Beruniylerdin' miynetlerinde tiykarg'ı orındı alg'an du'nyanın' geooraylıq sistemasın tolıq biykarladı.

N.Kopernik Polshadag'ı Torun qalasında 1473-jılı 19-fevral ku'ni Krakov sawdageri shan'arag'ında tuwıldı. Ko'p waqıtlar dawamında N.Koperniktin' polyak yamasa nemis bolğ'anlıg'ı haqqında birden bir pikir bolmadı. Biraq keyinirek onın' familiyası Padua

universitetinde oqıg'an polyak studentlerinin' diziminde tabıldı. Tog'ız jasında a'kes qaytı bolg'an ha'm sonlıqtan anası ta'repten ag'ası kanonik Vattselrod ta'repinen ta'rbiya berilgen. Kopernik 1491-jılı Krakovskiy universitetine oqıwg'a tu'sedi. Bul jerde ol matematikanın', meditsinanı ha'm qudaytanıwdı u'yrenedi. Kurstı tamamlagannan keyin ol Germaniya menen İtaliyada ko'p sayaxatlarda bolg'an, ha'r qıylı universitetlerde lektsiyalar tın'lag'an İtaliyada on jıl jasag'annan keyin Ferrare qalasında doktorlıq da'rejesin aladı. Ol matematika, astronomiya, huqıq, meditsina, filosofiya ha'm tiller boyınsha teren' bilimlerde iye bolıp eline qaytıdı. 1512-jıldan baslap Frombork qalasında kanonik lawazımında isleydi

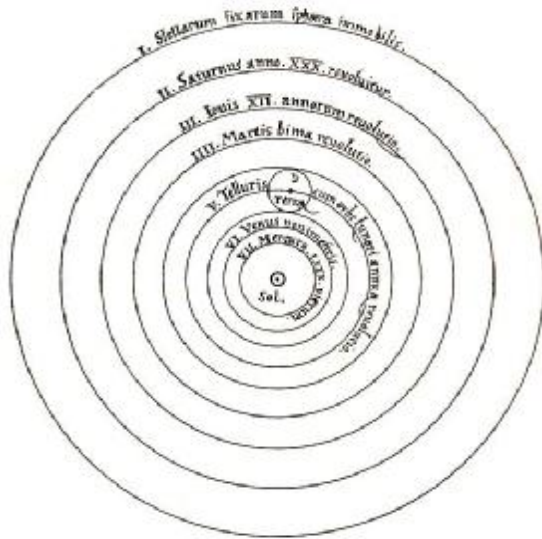
1530-jılı ol o'zinin' «Kishi kommentariy» dep atalatug'ın qol jazba tu'rindagi kitabında o'z teoriyasının' tiykarg'ı mazmunın bayanladı. A'lemnin' kurılısı haqqındag'ı mag'lıwmatlar Vatikag'a, Papanın' a'tirapındag'ılarg'a shekem tez arada jetken. Usının' saldarında 1536-jılı kardinal SHonberg Kopernikke xat jollap, teoriyanın' tolıq bayanlamasın ha'm planetalardı awhalların esaplaw ushın za'ru'r bolg'an kestelerdi jiberiwdi sorag'an. Biraq jan'a teoriyanın' birinshi ta'repdarı Vittenberg universitetinin' matematika professorı Georg İoxann Retik bolıp tabıladı. Vittenberg qalası protestantlar (protestantizm xristian dinindegi bir bag'dar bolıp tabıladı) jasaytugın qala edi. Retik bolsa TSiurix qalasında oqıg'an. Bul jerde ullı reformator TSvingli de oqıg'an ha'm jasag'an edi. Solay etip protestantlar katolik ta'repinen do'retilgen jan'a ta'limattı tarqatıwda a'hmiyetli orındı iyeledi. 1539-jılı Retik ta'repinen Kopernik sistemasının' tolıq bayanlaması baspadan shıg'arıldı. Sonın' menen birge Retik sharshamastan Kopernikti miynetip basıp shıg'arıwdı usında ha'm aqır-ayag'ında onnan baspada shıg'arıw ushın teoriyanın' qoljazbasın ala aldı. Ol kitaptı Niurnberg qalasında basıp shıg'arıwdı maqul ko'rđı (sebebi bul qalada u'lken baspaxana bar edi). 1542-jılı ba'har aylarında ol Niurnbergke keledi ha'm kitaptı basıp shıg'arıw menen shug'ıllandı. Usının' menen birge ol qoljazbanın' birewin Niurnberg matematigi ha'm Liuteran ulaması Osianderge jumıstı aqırına jetkiziw ushın berdi.

Osiander da Koperniktin' teoriyasının' revoliutsiyalıq a'hmiyetin, sonın' menen birge xristian shirkewi ta'repinen keletug'ın qa'wiptı de jaqsı tu'sindi ha'm kitapqa qorg'aw maqsetinde alg'ı so'z jazdı. Osiander Koperniktin' teoriyasın planetalardı qozg'alısın an'sat tu'sindiriw ushın arnalg'an matematikalıq gipoteza dep dag'azaladı. Ol bul «gipotezanın' durıs bolıwı sha'rt emes, en' baslısı baqlanıwshı shamalar menen da'l keletug'ın esaplawdı berse bolg'anı» dep tu'sindirdi.

N.Kopernik 1543-jılǵı 24-may ku'ni Torn qalasında ka'ramatlı (svyatoy) YAnnın' kostelinde (katolik xramının' polyak tilindegi atı) qaytı boldı. Al «Aspan sferalarının' aylanıwları haqqında» dep atalatug'ın onın' o'lmes miynetin avtorg'a o'limge bir ku'n qalg'anda alıp kelip ko'rsetken. Biraq awır kesellenip, o'lim aldında jatırǵ'an N.Kopernik kitabının' jarıq korgenligin tu'sinbegen de bolsa kerek. Tek XIX a'sirde g'ana og'an Varshavada, Krakovte, Tornde ha'm Regensburta estelikler salındı. Kopernik shıgarmaların' tolıq jıynagı Varshava kalasında 1854-jılı latin ha'm polyak tillerinde basıp shıg'arıldı.

Koperniktin' «Aspan sferalarının' aylanıwları haqqında» kitabı altı kitaptan turadı. Bul kitaplarda geliooraylıq (gelios kuyash degen ma'nisti an'latadı) yamasa koperniklik dep atalıwshı du'nyanın' jan'a sisteması bayanlang'an (su'wrette keltirilgen). Bul teoriyanın' tiykarında mına tastıyıqlawlar turadı:

1. Du'nyanın' orayında Quyash turadı,
2. Jer ha'm basqa da planetalar Quyashtıń do'gereginde bir bag'ıtta aylanadı, sonın' menen birge Jer o'z ko'sheri do'gereginde de aylanadı. Te Ay Jerdin' do'gereginde aylanadı.
3. Bunday qozg'alısar traektoriyaları shen'ber ta'rizli orbitalar boyınsha bolıp tabıladı.
4. Planetalar kuyashtıń do'gereginde ten' o'lsheuli qozg'aladı, yag'nıy shen'ber ta'rizli orbitalar boyınsha qozg'alıs tezligi turaqlı.



Kopernik boynsha
du'nyanın' gelioorayliq
sisteması

O'zinin' kitabında Kopernik a'yyemgi filosoflardin' jumislarin «olardin' ishinde bizin' mekteplerde u'yretilip ju'rgen qozg'alislardan basqa da qozg'alislardin' bar ekenligin boljag'an ilimpazdin' bar yaki joqlag'in aniqlaw maqsetinde» teren' u'yrengenligin atap o'tedi. Bul usınday pikirler menen tanısıp bolg'annan keyin «Jerdi qozg'aladı dep esaplaytug'in ha'm haqıyqatlıqqa jaqınraq keletug'in» tu'sindiriwlerdi tabıwg'a tırısqaqlıg'in, al bunnan keyin ol o'zinin' kitabında bilay jazadı:

«Solay etip kitapta men Jer ushın qozg'alislardin' qanday ekenligin boljap en' aqırında ko'p sanlı ha'm ko'p jıllıq baqlawlardan keyin eger Jerdin' shen'ber ta'rizli qozg'alısı menen basqa qozg'alatug'in jaqtırtqıshlardin' qozg'alısın salıstıratug'in bolsaq ha'm ha'r bir jaqtırtqıstın' aylanıw da'wirin esaplasaq, onda tek sol jaqtırtqıshlarda baqlanatug'in qubılıslardı g'ana emes, al jaqtırtqıshlardin' izbe-izligin ha'm olardin' sferalarının' o'lshemlerin aniqlawg'a boladı. Sonın' menen birge aspannıń o'zi menen o'zi tig'ız baylanısqaqlıg'ı, barlıq A'lemde ha'm onın' bo'limlerinde aljasıqlardin' orın almaslıg'ı ushın onın' bir bo'liminen ekinshi bo'limine hesh na'rseni de alıp qoyıwg'a bolmaytug'inlig'ı kelip shıg'adı. Aristotel menen Ptolemeydin' argumentlerin talqılap keleip ol «Jer tek o'zinin' u'stindegı suw menen g'ana emes, al hawanın' da kishi emes bo'legi ha'm Jerge qatnası bar barlıq na'rseler de Jer menen birge aylanadı». Jerdin' Quyashtın' do'gereginde qozg'alısınan juldızlardin' awısıwının' baqlanbaytug'inlig'ı tan' qalarlıq na'rse emes. Sebebi «Du'nyanın' o'lshemleri ju'da' u'lken. Jer menen Quyashtın' arasındag'ı qashıqlıq qa'legen planetanın' sferasının' o'lshemlerine qarag'anda jetkilikli da'rejede u'lken bolsa da qozg'almaytug'in juldızlardin' sferasına salıstırg'anda sezilmeytug'ınday kishi». Sonlıqtan «Jerdi du'nyanın' orayında jaylasqaq dep sheksiz ko'p sanlı sferalar menen bastı qatırıp otırg'annan usı boljawdı qabil etken durıs boladı». Solay etip «qozg'almaytug'in juldızlar» sferasının' radiusı Jer orbitasının' radiusınan salıstırmas da'rejede u'lken. Tap sol sıyaqlı N.Kopernik boynsha A'lemnın' o'lshemleri de Jerdin' o'lshemlerinen salıstırmas da'rejede u'lken.

Astronomiyada Kopernik birinshi ret Quyash sistemasının' qurılısının' durıs planın berdi. Jer menen Quyash arasındag'ı qashıqlıqtı 1 ge ten' dep kabil etip ol Quyash penen Merkuriydig', Veneranın', Marstın', IUpiterdin', Saturnnın' ara kashıqlıqlarının' sa'ykes 0,376, 0,723, 1,52, 5,217 ha'm 9,184 shamalarına ten' ekenligin taptı (ha'zirgi waqıtları qabil etilgen shamalar 0,387, 0,723, 1,524, 5,204, 9,580).

Aspannıń sutkalıq aylanısın Kopernik Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde aylanıwı, al Quyashtın' ekliptika boynsha jıl dawamındag'ı qozg'alısın Jerdin' Quyash do'geregindegı aylanıwı menen tu'sindirdi. Al planetalardin' ko'zge ko'rinetug'in quramalı qozg'alısın Kopernik eki haqıyqıy qozg'alıs bolg'an Jerdin' Quyashtın' do'geregindegı ha'm planetalardin' Quyashtın' do'geregindegı qozg'alısarının' qosındısı sıpatında tu'sindirdi.

Du'nyanın' sistemasın islep shıqqanda Kopernik Jerdi ha'm planetalardı Kuyashtın' do'gereginde shen'ber ta'rizli orbitalar boynsha ten' o'lshewli qozg'aladı dep esapladı.

Sonlıqtan planetalardıń ekliptikadag'ı quramalı qozg'alısların tu'sindiriw ushın 48 epitsikldan turatug'ın sistemnı oylap tabıwg'a tuwrı keldi. Tek İ.Keplerdin' jumısınan keyin N.Koperniktin' sisteması epitsikllardan qutıldı ha'm a'piwayı tu'rge endi.

Koperniktin' ta'limatı tek astronomiyada emes, al pu'tkil adamzat oylawında haqıyqıy revoliutsiyalıq o'zgerislerge alıp keldi. Kopernik «Jerlik» ha'm «Aspanlıq» qubılıslar arasındag'ı parqtı o'shirdi. Keyinirek xristian shirkewi Koperniktin' ta'limatının' qanday da'rejede qa'wipli ekenligin anıq tu'sindi. Bul ta'limattın' haqıyqıy na'siyatlawshısı Djordano Bruno Rim qalasında 1600-jılı otta o'rteldi. Al Kopernik ta'limatının' durıslıg'ının' ayqın da'lili bolg'an Veneranın' fazaların ashqan Galileo Galiley bolsa, o'zinin' pikirlerinen kayıwg'a ma'jbu'r boldı. Biraq ilimnin' u'lken pa'tler menen rawajlanıwın hesh kim toqtata almadı.

Djordano Bruno

Koperniktin' ta'limatı ilimnin' aldına ko'p problemalardı qoydı. Kopernik du'zgen planetalardıń Quyashtın' do'gereginde aylanıwı modeli durıs pa, yamasa qa'te me? Jan'a teoriyanın' durıslıg'ın da'lillew ushın faktler kerek boldı. Bul da'lil birinshi gezekte planetalardıń qozg'alıyamnın' Koperniktin' teoriyasına sa'ykes keliwi yamasa kelmewi bolıp tabıladı. Sol waqıtları astronomlar aspan denelerin astrolyabiyalardıń, vizirlerdin', dioptrlardıń ja'rdeminde tikkeley ko'z benen baqladı. Al mag'lıwmatlardı esaplaw arqalı kayta islew ushın ha'tte a'piwayı arifmetikalıq texnika da bolg'an joq. Sonın' menen bul waqıtları onlıq bo'lshekler de, logarifmler de bolg'an joq. Olar tek XVII a'sirdin' basında matematikag'a endi. Du'rmiyin menen teleskoprlr da XVII a'sirdin' basında payda boldı. Uzunlıqlardı (astronomiyalıq koordinata) anıqlaw ushın astronomlar da'l sanlarg'a iye bolg'an joq. Astronomiyalıq ilim de, navigatsiyalıq a'meliyat ta optikalıq a'sbaplarg'a, da'l saatlarg'a, jan'a esaplaw qurallarına mu'ta'j boldı. Usı mu'ta'jlik ilimnin' aldına ma'selelerdi qoydı.

Kopernik teoriyası kinematikalıq sxemanı fizikalıq jaqtan tiykarlawg'a da mu'ta'j boldı. Kuyash penen planetalardı, Jer menen aydı ne baylanıstıradı? Qozg'alıslardıń sebebi, al platetalardı kuyashtın' do'gereginde qanday ku'shler ten' o'lsheqli qozg'altadı? Usınday sorawlardıń ko'plep payda bolıwı ta'biyiy na'rse. Sonlıqtan astronomiya iliminde mexanikag'a, a'yyemgi kinematikalıq mexanikag'a emes, al qozg'alıs mexanikası bolg'an jan'a dinamikag'ı za'ru'rlik payda boldı. Kopernik teoriyasının' do'retiliwi eksperimentallıq ha'm matematikalıq ta'biyattanıwdın' rawajlanıwı ushın ilimiy programma do'retti.

Kopernik sisteması ushın gu'res uzaq waqıt ha'm qıyın boladı. Bul gu'reste ilimde azap ko'rgen jazıwshı, ilimpaz, talanlı orator ha'm lektor, XVI a'sirdin' ekinshi yarımının' atı o'shpes perzenti Djordano Brunonın' atı tariyxta qaldı. Ol 1548-jıl İtaliyanın' Neapol qalasına jaqın jerde tuwıladı ha'm og'an Filippe atı qoyıldı. Neapolde o'zinin' ag'asının' oqıw pansionında mektepti pikerip 16 jasında monaxlıqtı baslaydı ha'm o'zine Djordano atın saylap aladı. Usı at penen ol ilim tariyxına kirdi. Usı da'wirden baslap ol sistemalı tu'rde ilimiy, a'debiy bilim ala baslaydı. Grek, arab ilimlerin, filosofiyanı u'yrenedi. 24 jasında Kampane qalasında ruwxaniy (svyashennik) da'rejesine jetedi. Usı jerde ol gumanistlerdin' kitaplardı ha'm Koperniktin' miynetleri menen tanısadı. Dominikanshılardıń monaxlıq ordeni ag'zaları arasında Brunonın' pikiri jo'ninde unamsız gu'man payda boladı. Olar bul jo'ninde Rimge bildiredi. Ayıplawlardan qutılıw ushın da'slep Genuyag'a keyin Venetsiyag'a, Milan, Turin, SHamberilarg'a qashıp, aqırında İtaliyadan Jenevag'a baradı. Brunodag'ı qaytpas pikir Jeneva qalasında jumıs isleytug'ın bir protestant filosoftıń pikirine qarsı bolg'anlıqtan bul o'kpelegen filosof onın' qamaqqa alıwına erisedi. Tu'rmeden azıt etilgennen keyin ol SHveytsariyanı taslap ketedi.

Ko'p dawam etken geziwlerden keyin D.Bruno Tuluza universitetinde professor bolıp jumısqa kiredi ha'm eki jıl dawamında lektsiyalar oqıydı. Ol lektsiyalarında Aristotel ta'limatın keskin tu'rde a'shkaralaydı. Bul jag'day universitetin' basqa professorları ta'repinen narazılıqtı payda etedi. Usınin' na'tiyjesinde Bruno Tuluzadan Parijge ko'shiwge ma'jbu'r boladı. Bul jerde

ol o'zinin' sawatlig'i, fenomenologiyaliq este saqlaw qa'biletligi menen ayrılıp turadı. Frantsiyanın' korolinde Brunog'a qızg'ıwshılıq payda boladı ha'm ol XIII asirde Raymond Lulla ta'repinen islep shıg'ılǵ'an logikalıq «Ullı iskusstvo» mashinasın u'yreniwdi usınadı. Da'slep Bruno bul mashinag'a ha'm Lullanın' ideyalarına u'iken qızg'ıwshılıq penen qarag'an, biraq son'g'ı waqıtları onı a'hmiyeti joq mashina degen pikirge kelgen⁶⁶. Ol Lullanın' iskusstvosına o'zinin' bir qatar shıg'armaların bag'ıshladı (solardıń birewin korol Genrix III ke arnap jazdı). Alg'ıs retinde korol Brunonı Parij universitetinin' ekstraordinatorlıq professorı lawazımına tastıyıqladı.

İlimpazdın' ma'meketler arasındag'ı geziwi usının' menen tamam bolǵ'an joq. Parijdan ol Oksfordqa (Angliya), Oksfordtan Londong'a, Londonnan qaytadan Parijge, Parijden Germaniyag'a ko'shedi. Germaniyanın' derlik barlıq jerlerin aralap shıg'ıp SHveytsariyadag'ı TSiurix qalasına keledi. Bul jerde ol Moshenigo degen Venetsiyalı dvoryannın' shaqırıwı menen İtaliyadag'ı Venetsiya qalasına keledi.

Bul geziwler barısında Djordano Bruno sharshamastan do'retiwshilik jumıslar isledi. Ol lektsiyalar oqıdı, kitaplar jazdı, Oksfordtag'ı, Parijdegı ha'm basqa da universitetlerdegi sxolastikalıq ilimler wa'killeri menen disputlarga qatnastı. Ol du'nyalardıń ko'pligi haqqındag'ı ullı ta'limattı rawajlandıradı⁶⁷. Barlıq jerlerde de Koperniktin' ta'limatın na'siyatlaydı ha'm bul ta'limattı rawajlandırıwdın' za'ru'rligin atap ko'rsedi.

1584-jılı «Ku'ldegi Pir», «A'lemnin' sheksizligi ha'm du'nyalar haqqında» degen dialogların jazdı. Bul miynetlerinde ol Quyash sisteması sıyaqlı ko'p sanlı du'nyalardan turatug'ın A'lemnin' sheksizligi haqqındag'ı o'zinin' ta'limatın bayanladı. Ol Kopernikke joqarı baha berdi ha'm onı «Ptolemeyden de, Gipparxtan da ha'm olardıń izlerin dawam ettiriwshilerdin' barlıǵ'ınan da joqarı turadı» dep esapladı.

Filosofiyalıq pikirleri boyınsha D.Bruno Demokrit penen Epikur filosofiyasına sa'ykes keledi. Ol Aristoteldin' du'nyanın' shekliligi xaqındag'ı ta'limatın biykarlaydı. Bruno ta'limatı boyınsha A'lemnin' bo'limleri ha'm atomları hesh kanday toqtamaytug'ın ag'ısta ha'm qozg'alıs xalında turadı, forması boyınsha da, iyelep turg'an orınları boyınsha da sheksiz ko'p o'zgerislerge ushıraydı. Qozg'alıs tek basqa denelerge salıstırg'anda g'ana boladı: «Ten'izdin' ortasındag'ı korabldegi adamlar suwdın' ag'ısın yamasa jag'alardı ko'rmese korabldin' qozg'alıp baratırg'anlıǵ'ın sezbeydi».

Solay etip A'lemnin' sheksizligi ha'm mexanikalıq qozg'alıstın' ha'm tınıshlıqtın' salıstırmalıǵ'ı Bruno ta'limatının' orayında jaylasadı eken.

Biz 1591-jılǵ'a qaytıp kelemiz. Venetsiyalı Moshenigo Brunonı onın' «Ullı iskusstvo» kitabın oqıp ko'rip, bul kitap haqqında og'ada jaqsı pikirlerde qalg'anlıǵ'ı sebepli ha'm Brunonı altındı bo'liw ha'm alximiyanın' basqa da sırların biledi dep o'zine shaqırg'an edi. Sonlıqtan ol Brunodan alximiyaadan sabaq beriwdi o'tinish etti ha'm bergen sabaqları ushın og'an jasaw ushın jay, basqa da za'ru'rli bolǵ'an na'rselerdi berdi. Brunonın' bergen sabaqlarının' Moshenigog'a unamag'anlıǵ'ı o'z-o'zinen tu'sinikli, al Brunonın' erkin ha'm ken' tu'rdegi ko'z-qarasları Venetsiyalıqtı qorqıttı. Bruno o'zinin' qa'teligin tez tu'sindi ha'm Moshenigo menen xoshlasıp Farkfurtqa kaytpaqshı boldı. Biraq Moshenigo tez ha'reket etti ha'm Brunonı ualsp turdı ha'm onın' u'stinen inkvizitsiyag'a shag'ım arza jazdı⁶⁸. 1592-jılı 23-may ku'ni Bruno inkvizitsiya ta'repinen kamaqqa alındı. Ol da'ısep Venetsiya tu'rmesinde, keyin Rim tu'rmesinde otırdı ha'm ha'r kıylı azaplawlarg'a, qıynawlarg'a ushıradı.

Jeti jıllıq qamaqtan keyin 1600-jılı 17-fevral ku'ni inkvizitsiya sudının' xu'kimi menen Rimnin' Gu'ller (Kampo del Fiore) maydanında o'rteledi. Ha'zir ol jerde onın' esteligi tur.

⁶⁶ Bizin' ku'nlerimiz logikalıq mashinalar zamanı bolıp tabıladı. Al Lulla do'retken mashina sol mashinalardıń en' da'slepkerinin' biri edi.

⁶⁷ Biz Koperniktin' juldızlarg'a jetkilikli da'rejede itibar bermegenligin atap o'temiz. Al Djordano Bruno bolsa ha'r bir juldızdı Quyash sisteması sıyaqlı sistema dep dag'azaladı.

⁶⁸ INKVIZITSIYA (latin so'zi inquisitio – izlew degendi bildiredi) katolik shirkewirdegi 13-19 a'sirlerdegi a'dettegi ha'kimlikten g'a'rezsiz shirkew iurisdiksiyasının' ayırıqshı sudları,

Tixo Brage

Daniyalı ullı astronom Tixo Brage (Tycho Brahe) 1546-jılı 14-dekabr ku'ni tuwılǵ'an ha'm 1601-jılı 55 jasında qaytıǵı boldı. 13 jasınan baslap Kopengagen universitetinde oqıy baslaydı. Bul jerde astronomlar bolıp aytqan 1560-jılı 21-avgust ku'ni bolıp o'tetug'm Quyashtın' tutılıwı onda u'lken ta'sir qaldırdı ha'm ol o'zin astronmiyag'a tolıǵ'ı menen bag'ishlawdı maqul ko'rđı. Biraq onın' bul pikirin ata-anaları maqullamadı. Olar Bragenin' tek iuridikalıq ha'm ma'mleketlik ilimler menen shug'ıllanıwın talap etti. Sonlıqtan T.Brage o'zinin' su'yikli jumislari menen qupiya tu'rde tek tu'nde g'ana shug'ıllana aldı. U'lken emes aspan globusın satıp alıp aspandag'ı juldızlardı taba aldı ha'm ag'ash tsirkuldi paydalanıp olar arasındag'ı qashıqlıqlardı esapladı. Brage ushın birden bir sabaqlıq ha'm mag'lıwmatlar deregi qaltasındag'ı aqshag'a satıp alg'an kitapları edi. Usınday qolaysız jag'daylarg'a qaramastan ol 1563-jılı Saturnnın' IUpiter arqalı o'tiwin baqladı ha'm Koperniktin' esaplawlarında jiberilgen qa'telerdi taptı. 1565-jılı Daniyag'a kaytıp kelgende u'lken miyrasqa iye boldı ha'm sol waqıtlardan baslap o'zi su'ygen ilimge berilip islewge mu'mkinshilik aldı. 1572-jılı ol Kassiopeya shoq juldızında jan'a juldızdı ashtı, al eki jıldan keyin ol juldız joq bolıp ketti. Bul juldızdı ha'r 12 saattan baqlap ol bul juldızdın' basqa juldızlarg'a salıstırg'andag'ı ornın almasıwın baqlamaqshı boldı. Biraq eki jıl dawamında bul juldız ornınan sezilerliktey qozg'almağı. Bunnan T.Brage bul ob'ektke shekemgi qashıqlıqtın' ayg'a shekemgi kashıqlıqtan a'dewir alıs degen pikirge keldi. Usı pikir menen ol aspannın' shekli ha'm o'zgerissiz kalatug'ınılıǵ'ı haqqındag'ı Aristoteldin' ta'limatına berilgen soqqı berdi. Bul haqqındag'ı o'zinin' oyların ol «Jan'a juldız haqqında» dep atalatug'ın kitabında bayanladı.

Aristoteldin' pikiri boyınsha kometalar Jer atmosferasının' joqarg'ı qabatlarındag'ı qoyıwlasıwlar bolıp tabıladı. Biraq bunday jag'dayda olardıń (kometalardıń) juldızlarg'a salıstırg'andag'ı sutkalıq awısıwları u'lken ma'nislerge iye bolıwı kerek. Tixo Brage sol awısıwlardı joqarı anıqlıqta o'lisheli ha'm hesh qanday sutkalıq awısıwdı taba almağı. Bunnan ol kometalarga shekemgi aralıq Jerden ayg'a shekemgi aralıqtan keminde altı ese u'lken dep juwmaq shıǵ'ardı. Basqa so'z benen aytqanda kometalar Ay ha'm planetalar sıyaqlı aspan ob'ektleri bolıp tabıladı eken.

1573-jılı Daniya koroli Fridrix II nin' usınısı menen ol Kopengagen univermitetinde matematikadan lektsiyalar oqıdı, bunnan keyin Germanida, SHveytsariyada ha'm İtaliyada ja'ne de sayaxatlarda boldı. Daniya koroli og'an SHvetsiyadag'ı Bazel atawın, onın' matematikalıq ha'm ximiyalıq sabaqları ushın instrumentler berdi, jıllıq aylıq belgiledi. Solay etip 1580-jılı Gveen atawında og'ada qolaylı ilim-izertlew ornı Uranienburg payda boldı. Bul jerge a'sbap-u'skeneler satıp alıw ushın T.Brage o'zinin' qaltasınan ko'p aqsha jumsadı. Bul onıdag'ı a'sbap-u'skeneler onın' «Astronomiae instauratae mechanica» (Vandsberg, 1598-jıl). Ko'p ma'mleketlerdin' ilimpazları, ko'p patshalar (solardıń ishinde Angliyalı korol İakov I de bar edi) Brageni onın' Bazel atawına barıp ko'rđı. Biraq Fridrix II nin' ornına kelgen, Xristian IV nin' da'wirinde Tixo Brage Gveende ha'm bunnan keyin Kopengagende tura almağı. Ol 1597-jılı o'zinin' shanarag'ı menen watanın pu'tkilley taslap ketiwge ma'jbu'r boldı. Eki jıldan keyin ol imperator Rudolf II ge xızmetke kirdi ha'm Praga kalasının' qasında imperatordın' Benak qorg'anında, keyin basqa jayda jasadı. Bul jaydı Rudolf jan'a Uranienburgqa aylandırmaqshı boldı. Biraq 1601-jılı 24-oktyabr ku'ni Tixo Brage qaytıǵı boldı.

Tixo Brage o'z a'sirinin' en' belgili ilimpazaları qatarına kiredi ha'm onın' astronomiyalıq o'lishewlerin ken' tu'rde paydalanıp o'zinin' belgili nızamların ashqan İogann Kepler de og'an qarızdar. Onı praktikalıq astronomiyanın' tiykarın salıwshı dep atawg'a boladı ha'm o'zinin' o'lishewlerinin' da'lligi boyınsha ol o'zinen buring'ı ilimpazlardın' barlıǵ'ınan da ozıp ketti.

İogan Kepler

İogan Kepler 1571-jılı 27-dekabr ku'ni Germaniyada tuwıldı. Ta'biyattanıw ilimlerine uqıplı ekenligin jas waqıtlarınan baslap-aq ko'rsetti. Ol 1593-jılı attestat aldı ha'm Grats qalasındag'ı ushiliınege matematika ha'm filosofiya oqıtıwshısı lawazımına qaldırıldı.

Grats kalasında Kepler tek oqıtıwshılıq penen emes, al kalendarlardı ha'm goroskoplardı du'ziw ha'm ilimiy jumıslar menen shug'ıllandı. Ol usı waqıtları astrologiya menen ko'p shug'ıllandı ha'm astrologiyanı ol ku'n ko'riwi ushın tiykarg'ı qa'rejet tabatug'm is dep bildi. Onın' pikiri boyınsha «astrologiya astronomıyanın' nızamsız qızı bolıp tabıladı ha'm sonlıqtan ol o'zinin' anasın asırawı kerek, bolmasa ol ashtan o'ledi».

Sol jıllardın' o'zinde Keplerdi planetalardıń orbitaları arasındag'ı sanlıq qatnaslar ideyası qızıqtırdı. Sol waqıtlardag'ı belgili planetalardıń sanı Jerdi de qosqanda altaw edi. Sonlıqtan olar arasındagı sanlıq qatnaslardı tabıw kiyin emestey bolıp ko'rindi. Kepler «usı kantaslar u'stinde islep men planetalardıń qashıqlıqların ha'm aylanıw waqıtların jaqsılap yadlap aldım» dep jazadı. Ol 1597-jılı «Kosmografiyalıq sır» degen kitabın jazadı. Ol o'zinin' kitabının' bir nusqasın Tixo Bragege, al ekinshi nusqasın İtaliyag'a Galileo Galileyge jiberedi. Tixo Brage bolsa sol waqıtları Koperniktin' ta'limatın qabıl etpegen edi ha'm sonlıqtan Keplerdin' tiykargı ideyasına salqınlıq penen karadı. Biraq ol Keplerdin' uqıplı esaplag'ısh ekenligin bildi ha'm o'zine jumıska shaqırdı. Al Galiley bolsa Keplerde o'zinin' pikirlesin, du'nyag'a jan'a ko'z-qarastag'ı zamanlasın taptı.

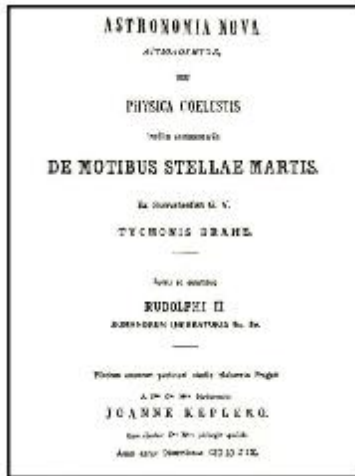
Soyasiy jag'daylardın' quramalasıwının' na'tiyjesinde Kepler Grats kalasında kala almadı, ol 1601-jılı Praga qalasına usı jılı 24-oktyabr ku'ni kaytıw bolg'an Tixo Bragege jumıska keledi. Na'tiyjede ol Tixo Brage menen islese almadı. Biraq oın' otız jıl dawamında toplag'an astronmiyalıq mag'lıwmatları jazılğ'an jurnalları Keplerdin' qolına tu'sti ha'm ol goroskoplardı du'ziw boyınsha islep ju'rgen jumısların toqtatpay mag'lıwmatlardı kayta islewdi basladı.

Birinshi gezekte Kepler Bragenin' mag'lıwmatlarına refraktsiyag'a baylanıslı bolg'an du'zetiwlardı kirgiziwdi maqul ko'rđi. Sonlıqtan ol optikanı u'yrendi ha'm usının' na'tiyjesinde biz Keplerdin' optika boyınsha bir qatar jumıslardı orınlag'anlıg'ın, kamera-obskura teoriyasın jetilistirgenligin, adamnıń ko'zinin' ko'riwi boyınsha Alxazen jiberen qa'teliklerin saplastırg'anlıg'ın jaqsı bilemiz. Kepler xrustaliktin' linzanın' ornın iyeteytug'inlig'ın, al su'wretin' setshatkada payda bolatug'inlig'ın ko'rsete aldı (Alxazen bolsa su'wret xrustalikte payda boladı dep esaplag'an edi). Kepler jaqınnan ko'rgishlikti ha'm alıstan ko'rgishlikti durıs tu'sindire aldı ha'm bunday kemshilikti saplastırıw ushın xrustaliktin' iymekligin o'zgeritiw kerek dep u'yretti.

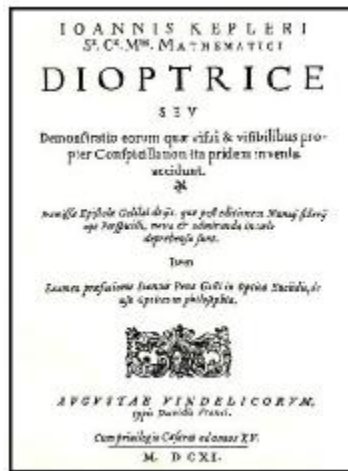
Refraktsiyanı esapqa alıw Keplerge Marstın' orbitasın esaplag'anda revoliutsiyalıq jan'alıq ashıwğ'a alıp keldi. Ol da'slep Kopernik sıyaqlı Marstın' orbitasın shen'ber ta'rizli dep esapladı. Bul haqqında ol «bul qa'telik barlıq filosoflardın' bir awızdan aytstqan pikirine su'yengen zıyanlı qa'telik edi» dep jazdı.

Bunnan keyin Kepler og'ada ko'p esaplawlardan keyin Marstın' orbitasının' ellips ta'rizli ekenligin ha'm bul ellipstin' bir fokusında Quyashtın' turatug'inlig'ın taptı. Usının' menen birge planeta ellips boylap maydanlar nızamına sa'ykes ten' o'lshewli emes, al Quyashta jaqınlag'anda tezirek, al alıslag'anda a'sterek qozg'alatug'ın bolıp shıqtı. Bul esaplawlardın' barlıg'ın, Ptolemey menen Tixo Bragenin' teoriyalarına kritikanı ol o'zinin' Praga qalasında 1609-jılı shıqqan «Jan'a astronomiya Tixo Bragenin' baqlawları boyınsha Mars planetasının' qozg'alısına kommentariylerge iye Aspan fizikası» («Novaya astronomiya ili Nebesnaya fizika s kommentariyami na dvizhenie planet Mars po nabliudeniyam Tixo Brage») kitabında bayanladı. Kitaptın' titul betinin' su'wreti berilgen.

Keplerdin' esaplaw jumıslarının' ko'lemi og'ada ullı edi. O'zinin' kitabında u'lken ha'm quramalı esaplawlardı orınlap ol oqıwshıg'a minaday qaratpa so'zlerdi keltiredi: «men bul esaplawdı 70 ret kaytaladım ha'm usının' saldarınan Marstın' teoriyası u'stinde menin' bes jıl islegenime tan'lanban'ız».



Keplerdin' «Jan'a astronomiya» kitabının' titulliq beti.



Keplerdin' «Dioptrikasının» titulliq beti.



Galileydin' «Juldız xabarshısı» kitabının' titulliq beti.

İlim tariyxında İ.Kepler tiykarıman o'zinin' atı menen atalatug'ın planetalardın' Quyashnı' do'geregini aylanıw nızamların ashqanlıg'ı menen belgili. Biz bul nızamlardı tolig'ı menen beremiz.

- 1) *ha'r bir planeta ellips boyınsha qozg'aladı, ellipstin' bir fokusında Quyash jaylasadı;*
- 2) *planeta radius-vektori ten'dey waqıtlar aralıg'ında birdey maydanlardı basıp o'tedi;*
- 3) *planetalardın' Quyash do'geregini aylanıp shıg'ıw da'wirlerinin' kvadratlarının' qatnasları ellips ta'rizli orbitalardın' u'lken yarım ko'sherlerinin' kublarının' qatnaslarınday boladı.*

Birinshi eki nizam Kepler ta'repinen 1609-jılı, u'shinshisi 1619-jılı ja'riyalandı. Kepler nızamların itibar menen oqıg'an oqıwshılar olar arasında qanday da bir baylanıstın' bar ekenligin sezbeydi. Haqıyqatında da joqarıda bayanlang'an u'sh nizam arasında baylanıs bar ma yamasa joq pa degen sorawg'a juwap beriw o'z waqıtında u'lken danışpanlıqtı talap etti ha'm bul ma'seleni XVII a'sirdin' ekinshi yarımında İsaak Niuton sheshti ha'm na'tiyjede pu'tkil ta'biyat tanıw iliminde og'ada ullı orındı iyeleytug'ın pu'tkil du'nyalıq tartılıs nazımın ashtı.

Keplerdin' birinshi nızamınan planeta traektoriyasının' tegis ekenligi kelip shıg'adı. Materiallıq noqattın' impuls momenti menen sektorlıq tezligi arasındag'ı baylanıstan planetanı tuyıq orbita boyınsha qozg'alıwg'a ma'jbu'rleytug'ın ku'shtin' Quyashqa qarap bag'ıtlang'anlıg'ın an'laymız.

Keplerdin' ullı jan'alıqları (nızamları) onın' turmısın jaqsılamadı. 1610-jılı onın' hayalı ha'm ulı qaytı bolda ha'm onın' o'zi eki balası menen qaldı. Sol jılı ol Galiley ta'repinen IUpterdin' to'rt joldasının' ashılğ'anlıg'ın ha'm ko'riw trubasının' do'retilgenligin bileti. Usıg'an baylanıslı Kepler basqa planetalarda da joldaslardın' bar ekenligi haqqında oyg'a ketedi. Ol Marstın' eki joldasının', al Saturnda altı yamasa segiz joldastın' bar ekenligin boljaydı. Bul boljawlardın' durılıgı keyinirek da'lillendi.

Keplerdin' dıqqatı qaytadan optikag'a qaratıladı. 1611-jılı onın' optika boyınsha jan'a shıg'arması «Dioptrika» jarıq ko'redi (titul betinin' su'wreti berilgen). Bul jumısında ol teleskoptın' (Kepler trubasının') konstruksiyasın ta'ripleydi, linzilirdag'ı ha'm linzalar sistemasındag'ı nurlardın' nurlardın' jolın qaraydı. Usının' na'tiyjesinde jaqtılıqtın' optikalıq tig'ızlıg'ı joqarıraq ortalıqtan optikalıq tig'ızlıg'ı kishi bolg'an ortalıqqa o'tkende tolıq ishki shag'ılısıwdın' orın alatug'ınlıg'ı haqqındag'ı juwmaqqa keledi.

1611-jılı onın' u'shinshi nızamı keltirilgen «Du'nyalıq garmoniya» shıg'arması jarıq ko'redi.

İlimpazdın' o'mirinin' aqırg'ı jılları og'ada qıyınshılıq penen o'tedi. Lints kalasındagı jumısın qoyıp ol ku'tilmegen aylaqlar menen ku'n ko'redi, al 1628-jılı ol belgili a'skerbasshı Vallenshteynge goroskop du'ziwshi sıpatında jumısqa alınadı. A'skerbasshını onın' du'zgen goroskoplardı qanaatlandırmaydı ha'm usının' aqibetinde ilimpaz Lints qalasına qaytıp keledi.

1630-jılı ala almay ju'rgen aylıqların alıw maqsetinde Regensburg qalasına barg'anda ol ayazlap awıradı ha'm 1630-jılı 15-noyabr ku'ni 59 jasında qaytı boladı.

Salıstırmalıq printsipi. Galileo Galiley

1888-jılı tuwılıp 1925-jılı 37 jasında qaytı bolg'an ullı rus matematigi ha'm geofizigi Areksandr Aleksandrovish Fridman 1922-jılı jazılg'an «Du'nya ken'islik ha'm waqıt sıpatında» miynetinde⁶⁹ Fedot Kuzmish Prutkovtın' jazıp qaldırg'an mınaday waqıyasın keltiredi: «Bir waqıtları tu'n baslanıp kiyatırg'anda u'yinin' aldındag'ı baspaldaqta otırg'an ataqlı frantsuz filosofi Dekartqa o'tip baratırg'an bir adam kelip «Aytın'ızshı bilimli adam, aspanda neshe juldız bar?» dep sorag'an. Bul sorawg'a Dekart «On'bag'an (merzavets). Qushaqlawg'a bolmaytug'in na'rseni hesh kim qushaqlay almaydı» dep juwap bergen». Bunnan keyin A.A.Fridman mınalardı jazadı:

«...Dekart penen o'tip baratırg'an adamnıń ha'zir g'ana keltirilgen a'n'gimesinen keyin o'tip baratırg'an adam «aqıllandı» ha'm tınıshlandı. Biraq haqıyqatında adamzat tariyxında «juldızlardı sanaw», basqa so'z benen aytqanda du'nyanın' kartinasın do'retiw bilim da'rejesi qansha kishi bolsa da barlıq waqıtları oylawshı adamzat arasında boldı...

XX a'sirde adam usı waqıtlarg'a shekem ta'biyattanıw du'nya haqqında toplang'an mag'lıwmatlar tiykarında du'nyanın' a'piwayılastırılğ'an ha'm sxema tu'rindegi ulıwmalıq kartinasın do'retiwge umtıldı... «Juldızlardı sanawg'a» ha'm du'nyanın' ulıwmalıq kartinasın do'retiwge tırısw o'zinin' mazmunına az sa'ykes keletug'in «salıstırmalıq printsipi» atına iye».

«Juldızlardı sanawg'a» ha'm du'nyanın' ulıwmalıq kartinasın tabıwg'a mu'mkinshilik беретug'in usı «salıstırmalıq printsipin» do'retken adam Galileo Galiley bolıp tabıladı.

Ullı İtaliyalıq Galileo Galiley 1564-jılı 15-feral ku'ni Piza qalasında tuwılğ'an. A'kesi onın' shıpkar bolıwın tilep onı meditsina fakultetinde oqıwg'a ma'jbu'rlegen. Biraq matematikag'a og'ada jaqsı qa'biletlik ko'rsetkenlikten ol keyinirek filosofiya fakultetine ko'shken. 22 jasında ol o'zi soqqan gidrostatikalıq ta'rezi haqqında kishi shıg'arma jazg'an. Bul oqıw ornın pitkerip ol Piza qalasındag'ı o'zi oqıg'an universitete professor ornın aladı ha'm matematika menen filosofiyanı lektsiyalar beredi.

Galileydin' Piza qalasındag'ı o'tkergen o'miri ishinde onın' mayatniktin' terbelisindegi izoxronizmdı (ha'r bir mayatniktin' terbelis jıyılıgının' turaqlılıg'ın) ashtı ha'm onın' da'slepki antiaristotellik jumısları baslandı. Onın' birinshi izertlewlerin shama menen 1590-jılı jazılg'an «De motu» («Qozg'alıs haqqında») kitabında ko'riwge boladı (bul miynet latin tilinde jazılg'an bolıp, Aleksandr ha'm Dominiktin' dialogınan turadı).

Biraq ol ko'p uzamay Paduya qalasında ko'shiwge ma'jbu'r boladı (sol waqıtlardag'ı Venetsiya respublikası).

Paduya qalasında Galiley 18 jıl islep 1592-jıldan 1610-jılǵ'a shekem og'an du'nyalıq dan'q alıp kelgen bir qatar jan'alıqlar ashtı. Usı jerde ol Kopernik sisteması ta'repinde turıp gu'resti basladı. 1597-jılı ol to'mendegilerdi jazdı:

«Koperniktin' pikirlerine men bir neshe jıl burın-aq kelgen edim. Bul pikirlerden men a'dettegi gipotezalar menen tu'sindiriwge bolmaytugın ta'biyattın' ko'p qubılıslarının' sebeplerin taptım. Ko'p pikirler ha'm qarsı argumentlerge biykarlawlar jazdım, biraq olardı ja'riyalawg'a qa'lbim jetpedi, sebebi ustaz Koperniktin' qorqınıshlı ta'g'diri tanıs edi. Ol ko'plegen adamlarda o'lmes dan'qa bo'lendi, biraq aqmaqlardıń sanı sheksiz ko'p edi».

Galiley gu'restin' qıyın ekenligin tu'sinip, aldında turg'an tartısqa material topladı. Ol astronomiya ha'm mexanika sorawları u'stinde oy juwırttı, ashıq gu'restin' baslanıwı ushın qolaylı momentti ku'tken halda, o'zinin' dosları menen ilimiy problemalardı talqıladı. Sol qolaylı moment Galileydin' Paduya kalasında islew da'wirinin' aqırında keldi.

1608-jılı Gollandiyada ko'riw trubası islep shıg'ıldı. Bul haqqında esitken Galiley, trubanın' mu'mkin bolg'an konstruksiyasın oylap, bir jıl ishinde do'n'es ha'm oyıs linzalar jıynag'ınan

⁶⁹ Bul miynet «Mısl» jurnalında shıg'arıw ushın jazılg'an.

turıwshı trubanı sog'ıp aldı. Venetsiya senatı Galileydin' bul jumısların joqarı bahaladı. Sebebi ko'riw trubasının' Jerde de ko'p xızmetti atkara alatug'ın edi. Galiley bolsa birinshilerden bolıp ko'riw trubasın ilimiy meqsette qollandı. Trubanı jetilistirip ha'm onı aspang'a qaratıp Galiley da'rha'l ko'rinetug'ın haqıyqıy kartinanın' Aristotel sxemasının' sa'ykes kelmeytug'ının ko'rsetti. Aydın' beti oyılı-ba'lentlik penen qaplang'an, al Kus jolı bolsa sol waqıtlarg'a shekem belgisiz bolg'an og'ada ko'p sanlı juldızlardan turadı eken. 1610-jılı yanvardın' baslarında ol IUpiter planetasının' joldasların ashadı. Bul jag'day Kopernik sistemasının' planetaların' Kuyashtın' do'geresindegi qalay aylanatug'ınlıg'ına sa'ykes keliwshi ko'rgizbeli modeli edi. O'zinin' jan'alıqları haqqındag'ı adamlardı tolğ'andıratug'ın a'n'gimeni Galiley «Juldız xabarshısı» dep atadı. Sol waqıtlarda orın alg'an da'stu'rler boyınsha Galiley o'zinin' bul miynetin Toskaniyalı ullı gertsog Kozimo II Medishige bag'ıshladı. Usının' menen ol Toskaniyag'a qaytıwg'a jol tayarladı. Galiley Florentsiyada ullı gertsog og'an qa'wenderlik etedi ha'm ilimiy jumıslardı islewge u'lken mu'mkinshilikler jaratıp beredi dep oyladı.

1610-jıldan baslap Galileydin' o'mirindegi en' qıyın ha'm dramalıq da'wirler baslanadı. Ol boljag'an gu'res awır gu'res bolıp shıqtı. Eski ta'limatlardıń ta'repdirları jan'a faktler aldında pikirlerinen kaytpadı ha'm ashıqtan-ashıq gu'reske shıqtı. Kopernik penen Galileydin' ta'limatları (diniy) ka'ramatlı kitaplarǵa sa'ykes kelmeydi dep dag'azalandı.

Koperniktin' ta'limatı 1616-jılı 5-mart ku'ni qadag'an etildi, al Jerdin' qozg'alatug'ınlıg'ı xaqqındag'ı ta'limatlar ka'ramatlı kitapka qayshı keledi dep dag'azalandı.

Piza kalasında bolg'an waqıtları Galiley denenin' erkin tu'siw tezliginin' denenin' salmag'ına proporsional emes ekenligin da'lilledi. Piza kalasındag'ı qıya minardan taslang'an birdey o'lsheplerdegi shoyın ha'm ag'ash sharlar jerdin' betine bir waqıtta kelip jetken. Usıg'an baylanıslı Galiley ayırım denelerdin' jerge ha'r qanday tezlikler menen kelip jetetug'ınlıg'ının' sebebinin' hawanın' karsılıg'ı ekenligin tolıq tu'sindire aldı. Ta'jiriybeler o'tkergende diqqattı en' baslı ma'selege qaratıw maqsetinde Galiley birdey o'lsheplerge ha'm birdey formalarg'a iye denelerdi aldı. Solay etip Galileydin' bul a'piwayı ta'jiriybesi eksperimentallıq ilimnin' baslang'ısh noqatı bolıp tabıladı. Ol o'tkergen ta'jiriybelerin ko'p qaytaladı, denelerdin' o'lshepler menen formalardı o'zgartip ko'rđi. Ta'jiriybelerdi laboratoriyada, basqa da orınlarda o'tkerdi. Bul ta'jiriybelerdin' na'tiyjeleri ha'm olardı teoriyalıq tallaw mexanikanın' tiykarın kuradı ha'm Galileydin' atın jan'a ta'biyattanıwdın' baslawshısı retinde ma'n'gige kaldırdı. Galileydin' mexanika, astronomiya, materiallardın' qarsılıg'ı, akustika, optika boyınsha jumısları bir maqsetke karay – jan'a ilimdi ha'm jan'a du'nyag'a ko'z-qarastı payda etiwge qaratılğ'an.

Koperniktin' ta'limatı qadag'an etilgenen 14 jıl keyin Galiley o'zinin' baslı shıg'arması bolg'an «Du'nyanın' eki sisteması bolg'an Ptolemey ha'm Kopernik sisteması haqqında dialog» kitabının' qol jazbasın pitkerdi⁷⁰ ha'm onı basıp shıg'arıw ushin ruqsat alıwg'a Rimge alıp keldi. Bul waqıtlarda papa prestolında (taxtında) Urban VIII otırg'an edi. Ol kardinal waqtında Galileyge jaqsı katnasta edi ha'm ha'tte og'an latin tilindegi qosıqların da bag'ıshladı. Galiley «klimat jumsaradı» dep esapladı. En bas tsenzor kitaptın' basıp shıg'arılıwına karsılıq bildirmedi, Koperniktin' teoriiyası tek matematikalıq gipoteza dep tu'sindiriwshi alg'ı so'zdi qosıwdı usındı⁷¹. Galiley usınday alg'ı so'zdi jazdı ha'm Koperniktin' ta'limatı tek gipoteza sıpatında paydalanıladı dep dag'azalandı.

Galileydin' kitabı 1632-jılı 2-avgust ku'ni Florentsiyada jarıq ko'rđi. Kitap Salviati, Sagredo ha'm Simplishio degen Venetsiyalıq u'sh adamnın' dialogı tu'rinde jazılğ'an.

Filippo Salviati (1582-1614) ha'm Djovan Franshesko Sagredo (1571-1620) Galileydin' Venetsiyalıq dosları, al Simplishio bolsa eski ko'z-qaraslardın' ta'repdarı ha'm oylap tabılğ'an personaj. Olardıń dialoglarının' barısında denelerdin' qozg'alısı ha'm inertsiya nızamı haqqında ga'p etiledi. Dialog bir neshe ku'n dawam etedi.

«Birinshi ku'n» tiykarınan aspannıń o'zgermeytug'ınlıgı haqqındag'ı ta'limattı biykarlawg'a bag'ıshlang'an. Galiley boyınsha jan'a juldızlar ha'm Quyashtın' betindegi daqlar aspan denelerinin' o'zgeretug'ınlıg'ın ha'm sheksiz emes ekenligin tastıyıqlaydı.

⁷⁰ Rus tilinde «Dialog o dvux sistemax mira – Ptolemeevoy i Kopernikovoy»

⁷¹ Osiander ta'repinen Koperniktin' kitabına da tap usınday alg'ı so'zdin' jazılğ'anlıg'ın eske tu'siremez.

Peripatetiklerdin⁷² Quyashtın betindegi daqlardın Quyashqa qatnası joq, al Kuyashtın do'geresinde payda bolatug'ın mo'ldir emes denelerdin ta'siri degen pikirlerin pikirlerin a'shkaralaydı. Ekinshi ta'repten Aydın betindegi tawlar bizin joldasımızdın, tap sol sıyaqlı basqa da aspan denelerinin fizikalıq qurılısının Jerdin fizikalıq kurılısınday ekenliginen derek beredi.

Dialogtın ekinshi ku'ni Jerdin qozg'alısın talqılawg'a bag'ishlangan. Bul jerde Galiley Jerdi qozg'almaydı dep esaplawshılarg'a qarsı ha'zirgi dinamikanın eki tiykarg'ı printsiplerin qoyadı. Bul printsipler inertsiya printsiپی ha'm klassikalıq salıstırmalıq printsiپی bolıp tabıladı.

Inertsiya printsiپی uzun tariyxqa iye. Biraq Galileyge shekem hesh kim bul printsiپی anıq etip tu'sindire alg'an joq. Ko'p sınsılar Galileydi inertsiya printsiپیne ulıwmalıq tu'rdegi anıqlamanı bermedi dep esaplaydı. Biraq Galileydin bul printsiپی barlıq waqıtta da'l qollang'anlıg'ın onın inertsiya printsiپیin tolıq bilgenliginen derek beredi.

Biz Salviatidin ga'plerinde og'ada a'hmiyetli fizikalıq printsiپی bolg'an salıstırmalıq printsiپیin tabamız. Bul printsiپی boyınsha hesh bir mexanikalıq ta'jiriybe usı ta'jiriybe o'tkerilgen sistemanın tınıshlıqta turg'anlıg'ın yamasa tuwrı sıızqlı ten o'lshewli qozg'alıp baratırg'anlıg'ın anıqlay almaydı.

Peripatetiklerdin Jerdin qozg'alatug'inlıg'ına karsı bolg'anının sebebi Jer betinde turg'an hesh bir na'rseden Jerdin qozg'alıp baratırg'anlıg'ın biliwge bolmaydı. Baska so'z benen aytqanda Jer betindegi barlıq mexanikalıq protsessler Jer qozg'almay turg'andag'ıday bolıp o'tedi. Ushıp ju'rgen quslar olardın astındag'ı Jerden qalıp qoymaydı. Al eger Jer o'z ko'sheri do'geresinde aylang'anda quslar artta qalıp qoyg'an bolar edi. Pushkanı batis ta'repke qaray atqanda snaryad qanday kashıqlıqqa barıp tu'setug'ın bolsa, onı shıg'ıs ta'repke qaray atqanda da tap sonday qashıqlıqqa barıp tu'sedi. Salmaqlı deneler vertikal boyınsha Jerdin betine kurap tu'sedi (qıya bag'ıtta qulap tu'speydi). Usınday mısallardı ko'plep keltiriwge boladı ha'm olardın barlıg'ı da Jerdin tınısh turg'anlıg'ın da'lilleydi. Bul sınlardın barlıg'ı da Galiley klassikalıq salıstırmalıq printsiپیi menen juwap beredi⁷³:

«Siz doslarınızdın biri menen qanday da bir korabldın palubasının astındag'ı o'jirede basqalardan awlaqta qalınız, ol jerde shıbınlar, gu'belekler ha'm basqa da ushiwshı nasekomalar bolsın, meyli o'jirede sizde suwı bar u'iken ıdıs ta bolsın. Bul ıdista kishkene balıqlar ju'zip ju'rsin, o'jirege ishinde suwı bar, astı jin'ishke shege menen tesilgen shelekti ildirip qoyınız ha'm bul shelekten aqqan tamshılardı quylıwı ushın poldın u'stine ishi bos basqa shelek qoyınız. Korabl tınıshlıqta turg'an waqıtları ushiwshı ja'nliklerdin barlıq bag'ıtlar boyınsha birdey tezlikler menen ushitug'inlıg'ına, suwı bar ıdısın ishindegi balıqlardın da barlıq bag'ıtlar boyınsha birdey tezlikler menen ju'zetug'inlıg'ına, joqarıdag'ı shelekten to'mendegi shelekke suwdın tamıp turg'anlıg'ın jaqsılap baqlap alınız... Korabl tınıshlıqta turg'anda sol qubılıslardı tap sonday bolıp o'tetug'inlıg'ına ko'z jetkerinız. Bunnan keyin korabldi qa'legen tezlik penen qozg'alıwg'a ma'jbu'rlenız (qozg'alıstın ten o'lshewli bolıwı, bir ta'repke, keyin ekinshi ta'repke qaray awdan'lamaw kerek) joqarıda ayılğan qubılıslarda siz hesh qanday o'zgeristi baqlay almaysız ha'm sol qozg'alıslardı hesh birewi de korabldın qozg'alıp baratırg'anlıg'ın sizge bildirmeydi»

Bul u'zindinin mazmunın ha'zirgi waqıtları bılayınsha bayanlaydı: qanday da bir sistemada mexanikalıq qubılıslar usı sistemanın tınıshlıqta turg'anlıg'ınan yamasa ten o'lshewli tuwrı sıızqlı qozg'alıp baratırg'anlıg'ınan g'a'rezsiz birdey bolıp o'tedi. Basqa so'z benen aytqanda bir birine salıstırg'anda ten o'lshewi ha'm tuwrı sıızqlı qozg'alatug'ın barlıq sistemalarda mexanikalıq qubılıslar birdey bolıp o'tedi. Bir sistemada an'latılğan qozg'alıs nızamlarınan ekinshi sistemadag'ı qozg'alıs nızamlarına analitikalıq o'tiw jıynag'ı Galiley tu'rlendiriwleri dep atalatug'ın a'piwayı formulalardı ja'rdeminde o'tkeriledi. Demek salıstırmalıq printsiپی mexanikanın nızamlarının Galiley tu'rlendiriwlerine qarata invariant ekenligin bildiredi.

«U'shinshi ku'n» 1604-jılı baqlang'an jan'a juldız haqqındag'ı uzun diskussiyadan baslanadı. Bunnan keyin a'n'gime Jerdin bir jıl dawamındag'ı qozg'alısı xaqında ju'redi.

⁷² Peripatetikler – Aristotel du'zgen filosofiyalıq mekteptin wa'killeri. Ola Aristotel ta'limatın qollag'an.

⁷³ Galileydin bul ga'pleri tu'sinikli bolıwı ushın ha'zirgi tilge sa'ykes awdarıldı.

Planetalarin' qozg'alislarn, Veneranın' fazalarin, IUpiterdin' joldaslarn, Quyash daqlarn baqlaw na'tiyjelerinin' birinshiden Aristotel ta'limatının' astronomiyalıq baqlawg'a sa'ykes kelmeytug'inlig'in ko'rsetedi (bul so'zler dialogta Salviati awızı menen aytiladı). Ekinshiden geometriyalıq ha'm dinamikalıq ko'z-qaraslardan du'nyanın' geliooraylıq sistemasının' mu'mkinshiligin an'latadı.

Dialog jaqtılıqtın' tezligi haqqındag'ı replikalar menen pitedi. Bul jerde galiley Salviatidin' awızı menen jaqtılıqtın' tezliginin' shekli me yamasa sheksiz be ekenligin anıqlaw boyınsha a'piwayı shıralardı paydalanıw jolı menen o'tkeriletug'in eksperimentti usınadı. Bul eksperimentte qollarında shıraları bar eki adam bir birine salıstırg'anda shıralardı jaqtısı ko'rinerliktey kashıqlıqta turıwı kerek. Birinshi adam shıranın' betin ashadı ha'm bunı ko'rgen ekinshi adam da o'zinin' shırasının' betin ashıp birinshi adamg'a xabar beredi. Biraq jaqtılıq tezliginin' ju'da' u'lken bolıwına baylanıslı Galiley eksperimenti hesh qanday na'tiyjeni bermedi.

Galileydin' «Du'nyanın' eki sisteması bolg'an Ptolemey ha'm Kopernik sistemaları haqqında dialog» shıg'arması xristian dini wa'killerinin' arasında u'lken qarsılıq payda etti. Kitap shıqqannan keyin ko'p uzamay Galiley «isenimli dereklerden iezuitlerdin'»⁷⁴ basshılarının' sheshim kabil etetug'in ayırıqsha adamg'a kitaptın' qorqınıshlı, al shirkew ushın Liuterdin' de, Kalvinnin' de shıg'armalarına qarag'anda da a'dewir zıyanlı ekenligin bildirdi». Papanın' buyrıg'ı menen Galileyge qarsı jımayat isleri qozg'aladı ha'm onı Rimge shaqıradı. Nawqas g'arrı Rimge keliw mu'ddetin soziwdı soraydı, al inkvizitsiya Galileydin' Rimge tez jetip keliwin talap etip, eger ol bul buyırıqtı orınlamasa kisen salınıp saqshılar menen alıp klinedi dep qorqıtqan. 1633-jılı fevral ayında Galileydi za'mberde (nosilkada) Rimge alıp keledi. Galiley protsessi 1633-jıl 2-aprelden 22-iiunge shekem dawam etti. Hu'kim 22-iiun ku'ni oqıp esittirildi. Bul hu'kim boyınsha Galileydin' o'z ta'limatınan bas tartıwı kerek boldı. Inkvizitsiya Galileydi eretik⁷⁵ dep dag'azalamadı (eger bunday bolg'anda onı da Djordano Brunoday otqa jaqqan bolar edi), al «ereste ku'shli gu'man tuwdırıwshı» dep ayıp taqqan.

O'z ta'limatınan bas tartqan Galiley Florentsiyanın' qasındag'ı Arshetri qalasında inkvizitsiyanın' baqlawında jasadı. Ol kartaydı, ku'sh-quwatı tewsildi, ko'zi ko'rmeytug'in bolıp qalg'an. Biraq usı jag'dayg'a karamastan ol jumıs islewin dawam etken. Sud protsessinen 5 jıldan son' 1638-jılı «Eki jan'a ilim haqqındag'ı a'n'gimeler» dep atalatug'in onın' en' bas shıg'arması jarıq ko'rdi. Stiven Xokingtin' aytıwı boyınsha «Onın' usı kitabı Kopernikti qollag'anına qarag'anda ha'zirgi ilimnin' tuwılıwına ko'birek sebep boldı».

Stiven Xoking Galileo Galiley haqqında:

Galiley basqa ayırım adamlarg'a qarag'anda ha'zirgi zaman iliminin' tuwılıwında ko'birek juwapker. Katolik SHirkewi menen bolg'an ataqlı ba'skelesiw Galileydin' filosofiyasındag'ı oraylıq orındı iyeledi. O'ytkeni ol birinshilerden bolıp du'nyanın' qurılısın tu'siniwge adamda u'mit bar dep dag'azaladı, onnan qala berse bizin' haqıyqıy du'nyamızdı baqlaw arqalı sol tu'siniwge jetiw mu'mkin dep esapladı. Galiley da'slepten-aq Koperniktin' teoriyasına isendi (planetalarin' Quyastın' do'gereginde aylanatug'inlig'ı haqqında), biraq Kopernik teoriyasının' durıslıg'in tastıyıqlag'annan keyin g'ana bul haqqında ko'pshilikke ayta basladı. Kopernik teoriyasına arnalg'an jumısın ol italiya tilinde jazdı (sol waqıtları qabil etilgen akademiyalıq latin tilinde emes) ha'm onın' ko'z-qarasları universitetler sheklerinden uzaqlarg'a tarqadı. Bul Aristoteldin' ta'limatın dawam ettiriwshilerine unamadı ha'm olar Katolik SHirkewin Koperniktin' ta'limatına qarsı qoyıp Galileyge qarsı birlesti. Bulardan ta'sirlengen Galiley shirkewde isleytug'in abıraylı adamlar menen ken'esiw ushın Rimge qaray jol aldı. Ol Bibilyanın' maqsetleri ilimiy teoriyalardı qanday da bir sa'wlenediriwden ibarat emes, durıs aqlıg'a qarama-qarsı kelgen Bibiyadag'ı jazılğ'anlardı allegoriya sıpatında qabil etiw kerek dep dag'azaladı. Biraq protestantlar menen gu'reste kesent beriw mu'mkin bolg'an dawdan qorıqqan

⁷⁴ İezuitler – İisus ja'miyeti, 1537-jılı du'zilgen.

⁷⁵ Eres, eretikler dep ra'simiy xristian dininen bas tartıp, basqa bag'dardag'ı dinge iseniwshi xristiandı aytadı.

SHirkew repressivlik sharalar ko'riwge o'tti. 1616-jılı Koperniktin' ta'limatı «jalg'an ha'm qa'te» dep dag'azalandı, al Galileyge bul doktrinag'a su'yeniwge yamasa onı jaqlawg'a ma'n'gi tıyım salındı. Galiley kelisim berdi.

1623-jılı Galileydin' eski doslarının' biri Rim Papası lawazımına saylandı. Galiley da'rha'l 1616-jılǵ'ı pa'rmanın' biykarlanıwı ushın ha'reket etti. Ol sa'tsizlikke ushıradı, biraq Aristoteldin' teoriyasın da, Koperniktin' teoriyasın da talqılaytug'ın kitap jazıwǵ'a ruqsat aldı. Onın' aldına eki sha'rt qoyıldı: ol hesh bir ta'repti qabıl etiw haqıqına iye bolg'an joq ha'm adam hesh qashan du'nyanın' qalay qurılǵ'anlıǵ'ın bile almaydı, sebebi Quday adamnın' aqılına sıymaytug'ın usıllar menen birdey effektlerdi shaqıra aladı, adam Qudaydın' qudiretine shek qoya almaydı dep esaplandı.

Galileydin' «Du'nyanın' eki bas sisteması haqqında dialog» dep atalatug'ın kitabı tsenzuranın' tolıq maqullawında 1632-jılı pitti ha'm baspadan shıqtı. Bul kitap pu'tkil Evropada a'debiy ha'm filosofiyalıq ayırıqsha jaqsı shıǵ'arma sıpatında atap o'tildi. Keyin ko'p uzamay papa kitaptın' Koperniktin' teoriyasın qollap-quwatlaytug'ınlıǵ'ın tu'sindi ha'm onı baspadan shıǵ'arıwǵ'a ruqsat bergenliginen pa'nt jedi. Papa tsenzuranın' ra'simiy ruqsatına qaramastan Galileydin' 1616-jılǵ'ı pa'rmandı buzǵ'anlıǵ'ın dag'azaladı. Galiley sudqa berildi ha'm o'mirinin' aqırına shekem u'y qamag'ına, ko'pshilik aldında Kopernik ta'limatınan waz keshiwge hu'kim etildi. Galiley ja'ne de kelisimge keliwge ma'jbu'r boldı.

Berilgen katolik bolıp qalg'anlıǵ'ına qaramastan Galiley ilimnin' g'a'rezsizligi haqqındag'ı isenimi aldında terbelmedi. O'liminen to'rt jıl burın, 1642-jılı ol Gollandiyadag'ı baspag'a «Eki jan'a ilim» dep atalatug'ın ekinshi u'lken kitabının' qoljazbasın qupiya tu'rde jiberdi. Onın' usı kitabı Kopernikti qollag'anına qarag'anda ha'zirgi ilimnin' tuwılıwına ko'birek sebep boldı.

İsaak Niuton

Mexanika

Klassikalıq mexanikanın' ha'zirgi zaman tu'rine keltiriliwi Angliya matematigi, mexanigi, fizigi, astronom, klassikalıq mexanikanın' do'retiwshisi, Londonlıq korol ja'siyetinin' ag'zası (1672-jıldan baslap) ha'm prezidenti (1703-jıldan baslap) İsaak Niutonnın' atı menen baylanışlı. Fundamentallıq miynetleri «Matematikalıq filosofıyanın' matematikalıq baslamaları» («Philosophiae naturalis principia mathematica», 1687-jılı jarıq ko'rđi) ha'm «Optika» (1704-jılı jarıq ko'rđi). G.Leybnitsten g'a'rezsiz differentsiallıq ha'm integrallıq esaplawdı islep shıqtı. Ol Vulstorp qalasında 1642-jılı 25-dekabr ku'ni tuwılǵ'an⁷⁶, al 1727-jılı 31-mart ku'ni Londonda 85 jasına qarag'anda qaytı bolǵ'an.

Da'slepki waqıtları jas Niuton optika menen, a'sirese eksperimentallıq optika menen qızıqtı. Jıllardıń o'tiwi menen onın' eksperimentler o'tkeriwge qızıǵ'ıwshılıǵ'ı to'menledi ha'm usının' menen bir qatarda onın' teoriya ma'selelerine kızıǵ'ıwshılıǵ'ı arttı. Niuton a'ste-aqırnılıq penen optikadan mexanika ma'selelerine o'tti. Onın' mexanika boyınsha birinshi kitabı 1687-jılı, al optika boyınsha birinshi kitabı keyinirek 1704-jılı g'ana shıqqanlıqtan biz Niutonnın' miynetlerin bayanlawdı mexanikadan baslag'andı qolaylı dep esaplaymız.

Galiley ha'm Giuygens Jerdin' betindegi denelerdin' mexanikasın rawajlandırđı. Al Niutonnın' jumısları bolsa inertiya printsipin ha'm ku'sh tu'sinigin ulıwmalastırıw, massa tu'sinigin kirgiziw ha'm mexanikanın' nızamlarınnıń qollanıw oblastların pu'tkil A'lem ushın tarqatıw menen ayrıladı.

Arximed mexanikasında itibarg'a alınbag'an du'nyag'a birlik ha'm u'zliksizlik bergen bul keyingi ulıwmalastırıw Niuton ta'repinen oylaw, pikirlew qag'ıydaları (pravila rassujdeniya) arqalı a'melge asırıldı. Bul pikirlew kag'ıydaları (regulae philosophandi) onın' u'sh kitaptan turatug'ın «Natural filosofıyanın' matematikalıq baslamaları» («Philosophiae naturalis principia

⁷⁶ Angliyada 1752-jılǵ'a shekem Iulian kalendarı paydalanılǵ'an edi. Ha'zirgi waqıtları qabıl etilgen Grigorian kalendarı boyınsha bul shama 1643-jıldın' 5-yanvarı sa'ykes keledi.

mathematica») kitabının' (bul kitaptın' atın qısqaqıq ushın endigiden bılay «Baslamalar» dep ataymız) u'shinshi kitabında jaylastırılǵ'an bolsa da onın' mexanika boyınsha barlıq izertlewlerin tolıq xarakterleydi.

Birinshi qag'ıyda: qubılıslardı tu'sindiriw ushın jetkilikli bolǵ'an sebeplerden basqa sebeplerdi qabil etpew kerek.

Ekinshi qag'ıyda: bir birine sa'ykes keliwshi qubılıslardı barlıq waqıtta da bir sebep penen baylanıstırıw kerek. Mısalı asxana oshag'ındag'ı jaqtılıq penen Kuyash jaqtısı birdey bolıwı kerek.

U'shinshi qag'ıyda: denelerdin' qa'siyeti dep olardıń sonday qa'siyetin esaplaw kerek, bul qa'siyetlerdin' ku'sheymewi de, ha'lsiremewi de ha'm usı qa'siyetler u'stinde biz eksperimentler o'tkeriw mu'mkinshiliklerine iye bolıwımız sha'rt. Bul Niutonnnıń induktsiya qag'ıydası bolıp tabıladı.

To'rtinshi qag'ıyda (bul kag'ıyda «Baslamalar» dın' u'shinshi basılıp shıǵ'ıwında payda boldı): induktsiyanın' ja'rdeminde ta'jiriybeden alıń'an qa'legen tastıyıqlawdı usı tastıyıqlawdı sheklewshi yamasa bul tastıyıqlawǵ'a qarama-karsı keletug'ın basqa bir qubılıs tabılmaq'ansha durıs dep esaplaw kerek.

U'shinshi kag'ıyda Niuton ta'repinen universal bolǵ'an pu'tkil du'nyalaq tartılıs nızamının' ashılıwına alıp keldi: eger barlıq deneler Jerge tartılatus'ın bolsa, ten'iz Ayǵ'a karay tartılatus'ın bolsa (bul tasıwlar menen qaytıwlarda anıq ko'rinedi), al planetalar Quyashqa tartılatus'ın bolsa, onda barlıq deneler bir biri menen tartıladı. Bul nızamdı dag'azalap Niuton tartıw sebeplerin anıqlaw niyetinde bolmaydı:

«Bul qa'siyetlerdin' sebebin men usı waqıtlarǵ'a shekem qubılıslardan keltirip shıǵ'ara almadım, al gipotezalarǵı usınıwdı oylap tabıw menen shug'ıllanbayman. Biraq qubılıslardan kelip shıqpaytug'ın barlıq jdag'daylar gipoteza bolıp tabıladı, eksperimentallıq filosofiyada metafizikalıq, fizikalıq mexanikalıq gipotezalarǵ'a, jasırın qa'siyetlerge orın joq. Bunday filosofiyada usınıslar qubılıslardan keltirilip shıǵ'arıladı ha'm induktsiya ja'rdeminde ulıwmalastırılardı. Usınday jollar menen denelerdin' sin'irgish emesligi (nepronitsaemost), qozǵ'alshan'lıǵ'ı (podvijnost) basımı, qozǵ'alıs nızamları ha'm tartılıs u'yrenildi. Tartılıstın' haqıyqatında bar ekenligi ha'm biz bayanlag'an nızamlar tiykarında ta'sirlesetug'ınlıǵ'ı aspan deneleri menen ten'izdin' barlıq qozǵ'alısların tu'sindiriw ushın tolıq jetkilikli».

Niuton optikalıq ta'jiriybelardı qoyǵ'anda danıshpanlıq ha'm ha'r ta'replemelik ko'rsetken bolsa, onın' mexanika boyınsha koyǵ'an ta'jiriybeleri a'piwayı edi ha'm olardıń ko'pshiligi belgili faktlerdi tekserip qo'riw ushın orınlardı Mexanikada Niutonnnıń danıshpanlıǵ'ı o'zinen burıńǵı ilimpazlardın' jumısların ta'rtpke salıwdan ha'm dara jag'daylar ushın belgili (mısalı inertsiya nızamı) bolǵ'an nızamlardı ulıwmalastırıwdan ibarat.

Massa. «Baslamalardıń birinshi 17 beti (Niutonnnıń watanındag'ı u'shinshi basılıwının') klassikalıq mexanikanın' tiykarǵ'ı tu'sinikleri menen aksiomatikasınan turadı. Bul kitaptın' segiz anıqlamadan, qozǵ'alıstın' u'sh nızamınan, olardıń kelip shıǵ'atug'ın na'tiyjelerden ha'm bir ken'esten (poushenie) turadı⁷⁷.

Birinshi anıqlamadan keltirilip shıǵ'arılǵ'an massa tu'sinigi birinshi ret Niuton ta'repinen paydalanılǵ'an joq. Ulıwma qabil etilgen pikirden ayırması bul anıqlama bir neshe a'wladlar zamanında qa'liplesti. Massa tu'siniginin' izleri Aristotelge tiyisli dep esaplanatus'ın «Mexanika mashqalaları» kitabında da, Geronnnıń mexanikasında da tabılardı. Dekart penen Giuygens salmaq penen massanı shatastırǵ'an. Salmaq penen massa arasındag'ı birinshi bolıp berilgen anıq ayırmanı biz Djovan Battista Balyanidin' Genuya qalasında 1638-jılı jariq ko'rgen «Awır denelerdin' ta'biyiy qozǵ'alısı haqqında» kitabında tabamız. Ol bul tuwralı bılayınsha jazadı: «denenin' salmag'ı ta'sir etiwshi baslama, al zattın' o'zi passiv baslama sıpatında ha'reket etetug'ın bolǵ'anlıqtan awır deneler o'zinin' salmag'ının' o'zinin' zatına qatnasınan g'a'rezli qozǵ'aladı, demek olar karsılıqsız vertikal bag'ıtta (erkin) tu'setug'ın bolsa, onda olar birdey

⁷⁷ Orıs (rus) tilindegi «poushenie» so'zi «ken'es» dep karaqalpaq tiline awdarılǵ'an (bul orıs so'zinin' karaqalpaqsha ma'nisi u'yretiw, oqıtıw, aqıl, aqıl-na'siyhat, ken'es.

tezliklerde tu'sedi, sonlıqtan awırıraq deneler ko'birek zatqa yamasa zattın' mug'darına iye boladı»⁷⁸.

Balyani 1646-jılı jırıq ko'rgen to'rtinshi kitabında bul tu'siniktin' en' aqırgı formulirovkasın beredi:

«Awır denelerdin' ta'biyatı sonday, olardıń salmag'ı zat penen baylanısqa: salmaq qanday bolsa onın' ta'sir etiw qa'biletligi de, zattın' mug'darı da, qarsılıq ta sonday boladı».

Bul jerde Bolyanig'a tek massa emes, al onın' salmaqqa proporsional bolg'anlıg'ı da tu'sinikli bolg'an.

Biraq Niuton aldıg'a ketti: ol bul tu'sinikti tek kirgizip g'ana qoymastan, bul tu'siniktin' mexanikalıq protsesslerdegi fundamentallıq ornın da atap ko'rsetti. «Baslamalar» dın' o'zi massanın' anıqlamasınan baslanadı:

Birinshi anıqlama: «Materiyanın' mug'darı onın' tıg'ızlıg'ı menen ko'lemine proporsional tu'rde anıqlanatug'ın o'lishem»⁷⁹.

Bul anıqlamag'ı anıqlıq kirgiziw ushın Niuton materiya mug'darın «dene» ha'm «massa» so'zleri menen de aytatug'ınlig'ın, materiya mug'darın denenin' salmag'ı boyınsha da anıqlawg'a bolatug'ınlig'ın atap o'tedi. Sebebi ol mayatnikler menen o'tkeren joqarı da'lliktegi ta'jiriybelerde denelerdin' salmag'ının' olardıń massasına proporsional ekenligine isendi.

Ju'z jıllardan aslam waqıtlar dawamında Niuton ta'repinen massag'a berilgen anıqlama ku'shli ha'm keskin diskussiyalardı payda etti. Bul jag'daydın' sebebi pu'tkilley ayqın: massa tıg'ızlıq tu'siniginin' ja'rdeminde anıqlanadı, al tıg'ızlıq bolsa ko'lem birligindegi massa bolıp tabıladı. Biraq biz anıq emes yamasa jetkilikli da'rejede anıqlanbag'an tu'siniktin' tu'siniksiz bolıwının' sha'rt ekenligin atap o'temiz. Ko'p jag'daylarda tu'sinikti anıqlaw ushın bul tu'siniktin' jetkilikli da'rejede anıq emesligi emes, al bul tu'siniktin' ju'da' jaqsı belgili ekenligi kesent jasaydı (ha'tte og'an anıqlama beriw ushın onnan da a'piwayıraq tu'siniklerdi tabıw mu'mkin emes da'rejede jaqsı belgili). Niuton ushın pu'tkilley ayqın ha'm ol durıs paydalang'an massa tu'sinigi usınday tu'sinik bolıp tabıladı.

Biz bul jerde XX a'sirdin' baslarında Eynshteynnin' salıstırmalıq teoriyasının' do'retilgennen keyin «relyativistlik massa» tu'siniginin' payda bolg'anlıg'ın atap o'temiz. Bul tu'sinik klassikalıq fizika menen salıstırmalıq teoriyasında formulalardı birdey formada jazıwıg'a tırısıwların' aqıbetinde payda boldı. Haqıyqatında da klassikalıq mexanikada impuls $p = mv$ formulası ja'rdeminde esaplanadı. Al salıstırmalıq teoriyasında bolsa impuls ushın $p = \frac{mv}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ formulası isletiledi. Ko'pshilik avtorlar bul formulanı $p = mv$ tu'rinde jazıp massanı $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ dep qabıl etip, onı tezlikke baylanışlı o'zgeretug'ın shama degen juwmaq shıg'arg'an. Bunday ko'z-qaraslar boyınsha m_0 denenin' «tınıshlıqtıg'ı massası» bolıp tabıladı. A'llette bul pikir pu'tkilley durıs emes. Massa relyativistlik invariant shama bolıp tabıladı, sonlıqtan onın' ma'nisi tezlikten g'a'rezli emes. Al denenin' impulsı da, energiyası da tezlikten g'a'rezli (olar relyativistlik invariant emes).

Ku'sh. «Baslamalar» dın' ekinshi anıqlaması qozg'alıs mug'darın keltirip shıg'aradı.

Ekinshi anıqlama. Qozg'alıs mug'darı tezlik penen massag'a proporsional etip aling'an shamanın' o'lishemi.

Niuton ta'repinen birinshi bolıp qabıl etilgen «Qozg'alıs mug'darı» tu'sinigi de «Materiya mug'darı» tu'sinigine sa'ykes keledi. Biraq bul tu'sinik ha'zirgi waqıtlarg'a shekem saqlanıp keldi.

Biz inertsiya dep ataytug'ın tu'sinikti u'shinshi anıqlama beredi:

⁷⁸ «O'zinin' salmag'ının' o'zinin' zatına qatnasınan g'a'rezli qozg'aladı» degen so'zdi bılayınsha tu'siniwimiz kerek: salmaq – ku'sh, al zat – zattın' mug'darı, demek salmaqın' zatqa qatnası ku'shtin' massag'a qatnası – tezleniwge sa'ykes keledi. Bul Niutonın' ekinshi nızamının' en' da'slepki ko'rınisleri edi.

⁷⁹ Ha'zirgi waqıtları «Tuwrı mu'yeshliktin' maydanı onın' ultanı menen biyikliginin' ko'beymesine ten'» dep aytilatug'ın anıqlama Niuton zamanında «Tuwrı mu'yeshliktin' maydanı onın' ultanı menen biyikligine proporsional tu'rde anıqlanatug'ın o'lishem» dep aytilg'an.

U'shinshi anıqlama. Materiyanın' o'zine ta'n ku'shi onın' qarsılıq etiw qa'biletligi boladı. Sonlıqtan ayırıp alıng'an qa'legen dene o'zinin' tınıshlıq halın yamasa ten' o'lsheqli qozg'alis halın saqlaydı.

Bizler «inertiya» dep neni ataytug'ın bolsaq, onı Niuton materiyanın' vis insita («ta'biyiy ku'shi») yamasa vis inertiae («inertiya ku'shi») dep atadı (ha'zirgi waqıtları «inertiya ku'shi» dep basqa ku'shlerdi, misalı Koriolis ku'shin aytadı).

To'rtinshi anıqlama tezleniwdi anıqlawshı vis impressa «ta'sir etiwshi ku'sh»ti keltirip shıg'aradı.

Ku'sh tu'sinigin qozg'alıstın' sebebi sıpatında Kepler kirgizgen edi. Biraq ol ku'shti tezliklin' ja'rdeminde o'lsheidi. Galileyde ku'sh salmaqqa ekvivalent edi ha'm ol tezleniwge baylanisli payda bolg'an ku'shti o'lsheidi (yag'niy tezleniw payda etiwshi ku'shti o'lsheidi). Niutonda bolsa bul haqqında Galileydegidey anıq ko'z aldıda elesletiw bolmadı. Onın' to'rtinshi anıqlamısı bilay deydi:

4-anıqlama. Sırttan tu'sirilgen ku'sh denenin' tınıshlıq halın yamasa ten' o'lsheqli tuwrı sıziqlı qozg'alisın o'zgertetug'ın ta'sir bolıp tabıladı.

Bunnan keyin bul anıqlamag'a bilayınsha anıqlıq kirgiziledi:

«Ku'sh tek ta'sir etiw barısında g'ana ko'rinedi, al ta'sir tamam bolg'annan keyin denede qalmaydı. Bunnan keyin dene tek inertiyanın' saldarınan dene o'zinin' jan'a halın saqlawdı dawam etedi. Ta'sir etiwshi ku'shtin' kelip shıg'ıwı ha'r qıylı bolıwı mu'mkin: soqqıdan, basımnan, orayg'a umtılwshı ku'shten».

Besinshiden segizinshige shekemgi kelesi anıqlamalar orayg'a umtılwshı ku'shlerge tiyisli. Bul jerde Niuton absoliut ku'shti, tezlendiriwshi ku'shti ha'm qozg'altıwshı ku'shti bir birinen ayıradı. Orayg'a umtılwshı ku'shke misal retinde Niuton salmaq ku'shin, magnit ku'shin, ta'biyatının' qanday bolıwına qaramastan planetalardı iymek sıziqlı orbitalarda uslap turıwshı ku'shti, tastı burg'andag'ı qol ta'repinen ta'sir etetug'ın ku'shti keltiredi. Bul misallardan og'an Jerdin' jasalma joldasların keltirip shıg'arıw mu'mkinshiligi menen bir qatar (eger jetkilikli tezlikler menen qozg'alatug'ın bolsa) Jerden ilaqtırılğ'an denelerdin' aspan ken'isliginde sheksiz ko'p waqıtlar dawamında qozg'alıw mu'mkinshilikleri kelip shıg'adı. Usı eki mu'mkinshilik te u'sh a'sirden keyin g'ana haqıyqatlıqqa aylandı.

Waqt ha'm ken'islik. Segizinshi anıqlamadan keyin a'hmiyeti og'ada ullı bolg'an «ken'es» beriledi. Bul ken'es da'slep filosoflar (Kanttan baslap) ushın, al o'tken a'sirden baslap fizikler arasında u'lken diskussiyalardı keltirip shıg'ardı. Bul ken'este absoliut waqt penen absoliut ken'islik postulat tu'rinde kirgiziledi. Niutonnan baslap XIX a'sirge shekemgi barlıq fizikası tiykarlang'an bul tu'sinikler metafizikalıq tu'sinikler bolıp tabıladı. Biz bul tu'siniklerden u'zindiler keltiremiz:

1. *Absoliut haqıyqıy matematikalıq waqt o'zinshe ha'm o'zinin' man'ız boyınsha, sırttag'ı hesh bir na'rsege qatnassız bir tekli o'tedi ha'm waqt boyınsha uzaqlıq dep ataladı⁸⁰. Salıstırmalı, sıyaqlı bolıp ko'rinetug'ın (kajuuıeesya), a'dettegi (obidennoe) waqt da'l yamasa o'zgerislerge ushıraytug'ın waqt bolıp, a'dettegi turmista haqıyqıy yamasa matematikalıq waqtın' ornına qanday da bir qozg'alıslar tiykarında sezimlerimiz arqalı anıqlanıtug'ın waqt bolıp tabıladı ha'm bunday waqıtlar sıpatında saattı, ku'ndi, aydı, jıldı ko'rsetiw mu'mkin.*

2. *Absoliut ken'islik o'zinin' man'ız boyınsha hesh bir na'rsege salıstırmalı emes, barlıq waqtta birdey ha'm qozg'alıssız bolıp qaladı. Salıstırmalıq onın' o'lsheimi yamasa onın' qanday da bir qozg'alatug'ın bo'limi bolıp tabıladı. Bul qozg'alıwshı bo'lim onın' bazı bir denelerge salıstırğ'andag'ı awhalı boyınsha bizin' sezimlerimiz arqalı anıqlanadı ha'm bizin' a'dettegi turmısımızda qozg'alatug'ın ken'islik sıpatında qabıl etiledi...*

⁸⁰ Orıs tilindegi «dlitelnost» so'zi qaraqalpaq tiline anıg'ıraq bolıwı ushın «waqt boyınsha uzaqlıq» dep awdarılğ'an. Misalı «dlitelnost raboshego vremeni» so'zleri qaraqalpaq tiline ra'simiy tu'rde «miynet ku'ninin' uzaqlıg'ı» dep awdarıladı.

Waqt ju'da' da'l o'lsenetug'in (ta'biyatta) sonday ten' o'lsheqli qozg'alistin' bolmawi mu'mkin. Qa'legen qozg'alisttin' tezleniwi de, a'stleniwi de mu'mkin, biraq absoliut waqittin' o'tiwi (o'tiw tezligi) o'zgeriske ushiray almaydi...

Waqt ha'm ken'islik o'zlerinin' ha'm basqa barliq na'rselerdin' ornı (jayı) bolip tabiladi. Waqt boyinsha ba'rshe izbe-izlik ma'nisinde jaylasadi, al waqt boyinsha awhallarının' (iyelep turg'an orınların') ta'rtibi boyinsha jaylasadi. O'zlerinin' tiykarg'ı man'izlari boyinsha olar orınlar bolip tabiladi, en' da'slepki orındı qozg'aladi dep esaplaw biyma'nilik bolip tabiladi. Tap usı orınlar absoliut orının' man'ızın quraydı ha'm usı orınnan baslang'an qozg'alıslar absoliut qozg'alıslar bolip tabiladi ...

Haqıykiy ha'm (sonday) sıyaqlı bolip ko'rinetug'in qozg'alıslardıń kelip shıg'ıw sebepleri o'zinin' man'ızın boyinsha denelerdi usılay qozg'alıwıg'a ma'jbu'rleytug'in (sol denelerge) ta'sir etetug'in ku'shler bolip tabiladi. Haqıykiy, absoliut qozg'alıs qozg'alıwshı denegge tikkeley ta'sir etetug'in ku'shsiz payda bolmaydı yamasa o'zgeriske ushiray almaydı, al salıstırmalı qozg'alıs bul denegge ku'sh ta'sir etpese de payda bola aladı, o'zgere de aladı.

Solay etip Niuton ta'limatında ***ku'sh absoliut element bolip tabiladi, al qozg'alıs bolsa absoliut esaplaw sistemasının' joq bolıwına baylanıslı tek g'ana salıstırmalı xarakterge iye.***

Qozg'alıs nızamları. Anıqlamalardan keyin qozg'alıstın' ha'zirgi waqıtları ba'rshege belgili bolg'an to'mendegidey u'sh nızamı bayanlanadı: inertiya nızamı, ku'shtin' tezleniwge tuwrı proportsionallıq nızamı ha'm ta'sir ha'm qarsı ta'sir nızamı. Bul nızamlardı biz tolıg'ı menen beremiz:

I nızam: *Qa'legen dene usı denegge sırttan onın' halın o'zgertiwge ma'jbu'rleytug'in ku'shler ta'sir etpese, onda ol o'zinin' tınıshlıq halın yamasa ten' o'lsheqli tuwrı sıziqlı qozg'alıs halın saqlaydı*⁸¹.

Taslap jiberilgen dene o'zinin' qozg'alısın saqlaydı, sebebi hawanın' karsılıg'ı onı a'stelendirmeydi ha'm salmaq ku'shi deneni to'menge karay ma'jbu'rlemeydi. Ayırım bo'limleri bekitilgen zırıldawıqta sol bo'limler zırıldawıqtın' tuwrı sıziqlı qozg'alıwına mu'mkinshilik bermeydi, sonlıqtan ol (ten' o'lsheqli) aylanısın toqtatpaydı, sebebi bul aylanıs hawanın' qarsılıqı menen a'stlenbeydi. Planetalar menen kometalardıń u'iken massaları erkin ken'islikte kishi karsılıqlarg'a jolig'ıp o'zinin' ilgerilemeli de, aylanbalı da qozg'alısların ko'p waqıtlar dawamında saqlaydı.

II nızam:

Qozg'alıs mug'darının' o'zgerisi ku'sirilgen qozg'alıwshı ku'shke tuwrı proportsional ha'm bul o'zgeris ku'sh ta'sir etken sıziqtın' bag'ıtı boyinsha boladı.

⁸¹ Qozg'alıstın' tiykarg'ı nızamlarının' a'hmiyetin esapqa alıp biz onın' Niuton ta'repinen latin tilinde jazılğan haqıykiy anıqlamaların beremiz:

I nızam bilayınsha jazılğan: «Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus illud a viribus impressis cogitur statum suum mutare».

II nızam: Motus proportionalem esse vi motrici impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.

III nızam: Actioni contrariam semper et aequalem esse reactionem: sive corporum duorum actiones in se mutuo semper esse aequales et in partes contrarias dirigi.

Birinshi nızam da'l awdarıw ushın «perseverare» ha'm «nisi quaienus» so'zlerine baylanıslı bazı bir qıyınshılıqlardı tuwdıradı. «perseverare» so'zi «turaqlılıq», «bekkemlik» yamasa «bir na'rsenin' saqlanıwı» ma'nisin beredi. Sonın' menen birge bul so'z «saqlanıwdın' yamasa bir orında bolıwdın' (waqt boyinsha) uzaqlıg'ı» degen ma'nisti de beredi. Tap usınday ma'niste, anıg'ıraq aytqanda usı so'zge sa'ykes keliwshi atlıq «perseverantia» Niuton ta'repinen absoliut waqt haqqındag'ı tu'sinikke anıqlıq beriwe paydalanılğan ha'm bilayınsha jazılğan: «duratio sen perseverantia existentiae», yag'niy «bar bolıwının' (sumestvovanie) waqt boyinsha uzıqlıg'ı yamasa dawam etiw uzıqlıg'ı (prodoljitelnost)». Usınday djag'daylardı ko'plep keltiriwge boladı. Sonlıqtan biz Niutonnın' jazıp qaldırg'an miyrasların qaraqalpaq tiline ha'zirgi zamandag'ı ayılıwlarına sa'ykes, mazmunın tolıq saqlag'an tu'rde, al usıg'an sa'ykes originalda qollanılg'an so'zlerge da'l emes etip awdaramız.

Eger qanday da bir ku'sh bazı bir qozg'alis mug'darın payda etetug'ın bolsa, onda bir waqıtta ha'mmesi yamasa ha'r qaysısı o'z aldına izbe-iz ta'sir etetug'ın eki ese u'lken ku'sh eki ese u'lken, al u'sh ese u'lken ku'sh u'sh ese u'lken bolg'an qozg'alis mug'darın payda etedi. Barlıq waqıtta da ku'shtin' bag'ıtında bolatug'ın bul qozg'alis mug'darı eger dene sol ku'shtin' bag'ıtında ku'sh ta'sir etpesten burın qozg'alıp kiyatırğ'an bolsa, onda payda bolg'an qozg'alis mug'darı denenin' buring'ı qozg'alis mug'darına qosıladı, al dene ku'sh ta'sir etpesten burın sol ku'shtin' bag'ıtına qarama-karsı bag'ıtta qozg'alg'an bolsa, onda payda bolg'an qozg'alis mug'darı denenin' buring'ı qozg'alis mug'darınan alınadı, eger ku'sh qıya bag'ıtta ta'sir etse, onda qozg'alis mug'darları da kıya qosıladı.

III nızam.

Ta'sirge barlıq waqıtta bag'ıtı qarama-karsı, al shaması ten' qarsı ta'sir bar, basqa so'z benen aytqanda eki dene bir biri menen shaması boyınsha bir birine ten', al bag'ıtları boyınsha qarama-karsı ku'shler menen ta'sir etisedi.

Jogarıda keltirilgen so'zlerdin' barlıg'ı da Niutonnın' «Natural filosofıyanın' matematikalıq baslamaları» kitabınan keltirilgen. Biz sonlıqtan olardı tiykarg'ı tekstten ajratılğ'an halda berdik.

Niuton zamanında o'zinin' kitaplarında o'zinen buring'ı izertlewshilerge hu'rmet ko'rsetiw da'stu'rge tolıq aylang'an joq edi. Biraq sog'an qaramastan Niuton ilimge o'zinen burın jol salg'an adamlar haqqında «Baslamalar» da bilayınsha jazadı:

«Usı waqıtlarg'a shekem menen matematikler ta'repinen qabıl etilgen ha'm durıslıg'ı ko'p sanlı ta'jiriyelerde da'lillengen baslamalardı bayanladım. Birinshi ekinshi nızamdı ha'm birinshi eki na'tiyjelerdi (ku'shlerdi qosıw haqqındag'ı) paydalanıp Galiley denelerdin' tu'siwinin' waqıttın' kvadratına proportsional, ılaqtırılğ'an denelerdin' qozg'alisınin' parabola boyınsha bolatug'ınlig'ın taptı. Bul ta'jiriyelerde tastıyqlandı, sebebi bunday qozg'alısar hawanın' qarsılıg'ınan a'stelenbeydi...⁸² Usı eki nızamnan ha'm u'shinshi nızamnan bizin' da'wirimizdin' ullı geometrleri kavalier Xristofor Ren, quday ta'limatı doktorı İoann Uellis ha'm Xristian Giuygens soqqı ha'm denelerdin' shag'ılısıw nızamların keltirip shıg'ardı ha'm derlik bir waqıtta Korol ja'miyetinde xabarladı, onın' u'stine olardıń barlıg'ının' da na'tiyjeleri bir birine sa'ykes keledi».

«Baslamalar» dın' ekinshi kitabında suyıqlıqtın' qozg'alisı, akustika ma'seleleri orın alg'an.

Pu'tkil du'nyalıq tartılıs. «Baslamalar» dın' u'shinshi kitabı «Du'nya sisteması haqqında» («O sisteme mira») dep atalıp «Fizikadag'ı oy juwmag'ın shıg'arıwdın' qag'ıydaları» (bul haqqında joqarıda ayıldı), «Qubılısı», «Usınısı», «Ay orbitasınin' tu'yinlerinin' qozg'alisı haqqında» dep atalatug'ın to'rt temadan turadı. Bul u'shinshi kitaptag'ı en' fundamentallıq orındı pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamı iyeleydi. Biz da'slep bul ashılıwdın' tariyxıy jolın qısqasha ayıp o'temiz. Biz birinshi gezekte Kepler o'zinin' miynetlerinde mısıl retinde keltirgen almanın' u'zilip tu'siwi bul pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamının' ashılıwı ushın hesh qanday sebep bola almaytug'ınlig'ın ko'rsetemiz. Niutonnın' tuwısqanları ha'm dosları bul waqıya haqqında ko'p ayıp bergen, al Volter bolsa onı ko'pshilikke tarqatqan. Biraq eger haqıyqatında da alma u'zilip Niutonnın' basına tu'skende de nızamnın' ashılıwın basqasha ko'z-qarasta qarap shıg'ıw gerek.

Bir birine uqsas na'rselerdin' bir biri menen birigiwge tırısıwı qubılısı a'yyemgi grek ilimpazları ta'repinen de jazıp qaldırıldı (Empedokl, Anaksagor, Demokrit). Bul ideya orta a'sirlerde de, oyanıw do'wirlerinde je bar edi. Bul ideyanın' orın alıwına a'sirese magnitlik tartılıs sebep boldı. Magnitlerdin' bir birine tartılısı tartılıstın' da'lilli yamasa ko'rgizbeli tu'rdegi sa'wleleniwi dep qaraldı. Ten'izlerdin' tasıwı menen qayıwına Ay menen Quyashtın' ta'sirin baylanıstırıw teoriyası da a'yyemgi da'wirde qa'liplesti (bizin' eramızdan buring'ı III a'sirlerde).

⁸² A'llette xawanın' qarsılıg'ınan barlıq mexanikalıq qozg'alısar a'stelenedi. Niuton o'zinin' shıg'armasında a'dette hawanın' qarsılıg'ınan u'lken o'zgeriske ushıramaytug'ın shoyinnın', qorg'asinnın' ha'm sol sıyaqlı denelerdin' qozg'alısarın na'zerde tutadı.

Oyanıw da'wirinde de ten'izlerdin' sutkasına eki ret tasıwı ha'm eki ret qaytıwı ko'p ilimpazlardın' dıqqat orayında boldı (Kardan, Skalero, Porta, Kepler).

Bul problema⁸³ geliooraylıq sistema qabil etilgennen keyin ayırıqsha a'hmiyetke iye bola basladı. Biz joqarıda Keplerdin' 1609-jılı planetalardın' qozg'alısı boyınsha eki emperikalıq nızamdı, al 1618-jılı u'shinshi nızamdı ashqanlıg'ın ko'rgen edik. Bul nızamlardı ashpastan burın-aq Kepler «ne sebepli planetalar Quyashtın' do'gereginde aylanadı» ha'm «qanday sebeplerge baylanıslı Ay Jerdin' do'gereginde aylanadı» degen sorawg'a juwap beriw ushın basın qatırğ'an. Biz bul jerde bul sorawlarg'a A'l-Beruniy, Ulug'bek ushın juwap beriwidin' dim an'sat bolg'anlıg'ın eske tu'siremez. Olar «quday ta'repinen ornatılğ'an nızamlar boyınsha planetalar Jerdin' do'gereginde aylanıp ju'redi» dep tu'sindirgen. O'zinin' 1596-jılı jariq ko'rgen «A'lemnin' sıır» kitabında Kepler Aydın' qozg'alısın Jerdin' tartıwı menen baylanıstıradı ha'm «qa'legen materiyag'a tınıshlıqqa qaray tırısw qa'siyeti ta'n, al qozg'alıstın' sebebi materiyanın' inertsiyasına qarsı gu'resetug'ın vis immateriata» dep tusindirdi.

Kepler boyınsha planetalardın' qozg'alısındag'ı sebep Quyashta bolıp, bul «sebepten» jaqtılıq ta'rizli barlıq ta'replerge barlıq ta'replerge birdey bolıp tarqalmaydı, al Quyashtan ekvatorının' tegisliginde g'ana tarqaladı, sonlıqtan ol (sebepten) qashıqlıqqa baylanıslı keri proporsional kemeyedi. Keplerdin' bul oyları onın' 1609-jılı jariq ko'rgen «Jan'a astronomiya yamasa aspan fizikası» kitabında anıg'ıraq sa'wlelendirilgen. Bul jerde denenin' salmag'ı barlıq denelerdin' bir biri menen birigiw tendentsiyasına sa'ykes keledi ha'm magnit tartıswına uqsas. Eger A'lemde tek eki tas bar bolg'anda bul eki tas bir biri menen birikkenge shekem bir birine qaray qozg'alg'an bolar edi. Sonlıqtan eger Aydı orbitasında qanday da bir basqa ku'sh uslap turmag'anda Jer de, Ay da bir birine qaray qozg'alg'an bolar edi, biraq Aydın' tartıw ku'shi Jerde tasıwlar menen qaytıwıardı payda etedi, eger Jer okeanlar menen ten'izlerdin' suwların uslap turmag'anda, olar Ayg'a ketip kalg'an bolar edi.

Niuton o'zinin' pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamın do'retkende Keplerdin' miynetlerinen habarsız bolg'an bolsa kerek (Niuton da, Galiley de az oqıytug'ın adamlar qatarına kirgen). «Baslamalar» da Niuton İzmael Bulı, Borelli ha'm Guklardın' jumıslarına su'yenedi. İzmael Bulı o'zinin' 1645-jılı jariq ko'rgen «Tu'sinikli bayan etilgen astronomiya» («Populyarnaya astronomiya») kitabında Keplerdin' pikirleri menen aytısw (tartısw) barısında «Quyashtan ekvator tegisliginde ku'sh shıg'adı» degen pikirge qarsı shıg'ıp «eger Keplerdin' pikiri durıs bolg'anda, onda ku'sh jaqtılıq sıyaqlı bir betten ekinshi betke qaray shashırğ'an ha'm usıg'an sa'ykes Quyashtan qashıqlıqtın' shamasının' kvadratına keri proporsional o'zgergen bolar edi» dep atap o'tedi.

Niuton ushın Borellidin' eskertiwi ta'sirlirek boldı. Ol orayg'a umtılwshı ku'sh penen gravitatsiya ku'shin matematikalıq jaqtan da'l keltirip shıg'arg'anda olar planetalardın' qozg'alısın bir den bir teoriyasına aylang'an bolar edi dep esapladı (demek planetalardın' qozg'alıs nızamın keltirip shıg'arıw ushın tartılıs ku'shi menen orayg'a umtılw ku'shi arasındag'ı anıq matematikalıq qatnastı anıqlaw kerek degen so'z).

Guk penen Niuton arasındag'ı qatnaslar quramalıraq ha'm ha'zirge shekem tolıq tu'sinikli emes. Bul qantaslar xaqqında toqtap o'temiz. 1666-jılı Guk Korol ja'miyetinde o'zinin' magnitlik ta'sirlesiwlerge sa'ykes denenin' salmag'ının' biyiklikke g'a'ezligin izertlew boyınsha islegen jumısın na'tiyjeleri haqqında bayanat isledi. Keyinirek bul ideyanı ol planetalardın' qozg'alısları ushın qollanıwıg'a tırtı. Ol planetalarg'a u'zliksiz tu'rde bazı bir ku'sh ta'sir etedi dep esapladı. 1674-jılı bul jumıslardın' na'tiyjeleri bolg'an «Jerdin' qozg'alısı haqqında etiud» shıg'armasın baspadan shıg'aradı. Bul shıg'armanın aqırında ol bilay jazg'an:

«Usı waqıtlarg'a shekem belgili bolg'an sistemalardan o'zgeshe bolg'an, biraq mexikanın' ulıwmalıq nızamları menen sa'ykes keletug'ın a'lem sistemasın usınaman. Bunday sistema u'sh gipotezag'a tiykarlang'an: 1) barlıq aspan deneleri tartıadı yamasa bizin' Jerde ko'rgenimizdey olar o'zinin' bo'leklerinin' bir birinen uızqlasıwına jol bermey tek o'zinin' bo'leklerin g'ana tartpastan olardı ta'sir etiw

⁸³ Biz «problema» so'zin qaraqalpaq tiline awdarmaymız (yag'nıy «mashqala» degen so'zdi qollanbaymız).

sferasında jaylasqan basqa da aspan denelerin tartatug'ın ma'niste sol aspan deneleri orayg'a qaray umtiladı. Bunnan tek Quyash penen Ay Jerdin' formasına ha'm qozg'alısına ta'sir etip qoymastan, merkuriy de, Venera da, Mars ta, IUpiter de, Saturn da o'zinin' tartıwı menen Jerdin' qozgaliwına ta'sirin tiygizedi... 3) tartılıs ku'shinin' shaması denenin' tartıw orayına qansha jaqın bolsa, sonshama u'lken boladı.

1680-jılı Guk o'zinin' Niutong'a jollag'an xatında a'piwayı kerı proportsionallıq nızamınan bas tartıp, onı qashıqlıqtın' kvadratına kerı proportsionallıq baylanıs penen almastırıw za'ru'rıglı haqqındag'ı pikirge keledi. Niuton o'zinin' «Baslamalar» ın Korol ja'miyetine alıp kelip ko'rsetkende Guk usı nızamdı ashqanlıg'ı haqqındag'ı prioritetin moyınlawdı talap etken. Biraq bul talapqa Niuton ju'da' keskin tu'rde kerı kvadratlar nızamın jigirma jıldan beri bilemen, bul haqqında men Korol ja'miyetinin' sekretarı Oldenburg arqalı Giuygenske xabarladım, Guk kerı kvadratlar nızamı haqqında sol xattan bilgen dep juwap bergen. Usının' menen birge Niuton Guktın' u'stinen ku'lip, onı barlıq jan'alıqların Borelliden aldı dep ayıplag'an (Stiven Xokingtin' Niuton haqqında jazg'anların oqın'ız). Keyinirek Galleydin'⁸⁴ doslıq ta'sirinin' na'tiyjesinde «Guktın' xatlarınin' biri mag'an palentalardıń qozg'alısın esaplaw ushın sebep boldı» dep moyınladı ha'm «Baslamalar» da onın' atın keltiriwge kelisim berdi. Niutonnnın' Guk haqqındag'ı pikirleri ju'da' qatal (surovıy) edi. Al Guktın' xarakteri de a'piwayı emes edi, biraq onda ju'da' siyrek gezlesetug'ın oylap tapqıshlıq (izobretatelskiy) talant (onın' ju'zden aslam oylap tapqanları bar edi) penen danışpanlıq intuitsiya bar edi. Bul danışpanlıq intuitsiya og'an Quyash sistemasın basqaratug'ın tiykarg'ı dinamikalıq nızamlardı tabıwg'a mu'mkinshilik berdi. Biraq olardı Guk xarakterinin' turaqlı emesligi ha'm matematikalıq bilimlerde jetkilikli tu'rde iye emesligi sebepli sistemalı tu'rde bayanlay almadı.

Solay etip kerı kvadratlar nızamı Niutonnan burın da belgili edi dep juwmaq shıg'ara alamız. Biz usınday ga'plerden keyin Niutonnnın' «Baslamalar» ının' u'shinshi kitabına qayta kelemiz.

Niuton da'slep baqlawlar ta'repinen tabılğ'an planetalardıń, aydın', IUpiter menen Saturnnıń joldaslarınin' qozg'alıs nızamların bayanlaydı. Birinshi kitaptın' na'tiyjelerin paydalanıp Niuton ha'zirgi waqıtlardag'ı kitaplarda ko'rsetilip ju'rgenindey etip bul nızamlardıń dinamikalıq interpretatsiyasın beredi ha'm barlıq jag'daylarda da oraylıq juldız yamasa oraylıq planeta do'geriginde aylanıwshı denelerge sol denelerge shekemgi kashıqlıqtın' kvadratına kerı proportsional ku'sh penen ta'sir etedi degen juwmaqqı keledi. U'shinshi kitapta oraylıq orındı IV usınıs iyeleydi. Bul jerde Aydı orbitasında uslap turıwshı ku'shtin' denelerdi Jerge qulap tu'siwge ma'jbu'rleytug'ın, tek qashıqlıqqa baylanıslı shaması kishireygen ku'sh ekenligin da'lilleytug'ın esaplawdı keltiredi.

Joqarıda keltirilgen mag'lıwmatlardın' Niuton ta'repinen ju'da' kesh baspadan shıg'arılğ'anlıg'ın bildiredi. Bunın' sebeplerinin' birin 1927-jılı Niutonnnın' baspada basılıp shıqqag'an xatların ha'm shıg'armaların teren' u'yrenge amerikalı astronom Adams anıqladı. Niuton ko'p waqıtlarg'a shekem sfera formasına iye denenin' betinen sırtta turg'an noqattın' usı denege qalayınsha tartılatus'ınlig'ın bile almag'an. Biraq keyinirek Niuton sfera menen sol noqat arasındag'ı tartılıs ku'shinin' shamasının' massası sferanın' massasıday bolg'an ha'm sol sferanın' orayında jaylasqan noqat penen sferanın' betinin' sırtında ornalasqan noqat arasındag'ı tartılıs ku'shindey ekenligin anıqlag'an (yag'nıy gravitatsiyalıq ta'sirlesiwlerdi esaplag'anda sfera ta'rizli denelerdi massası usı sferanın' massasıday ha'm sol sferanın' orayında jaylasqan noqat penen almastırıwg'a boladı eken).

Usınday esaplawlardı orınlap Niuton VII usınısta mına juwmaqqı keledi:

«Tartılıs ba'rshe denelerge ta'n ha'm olardıń ha'r kaysısının' massasına tuwrı proportsional».

⁸⁴ Edmund Galley (1656-1742) – angliyalı astronom ha'm astrofizik, tu'slik aspannıń juldızlar katalogın du'zdi ha'm juldızlardın' menshikli qozg'alısın ashtı, 20 dan aslam kometalardıń orbitaların esapladı, 1682-jılı ko'ringen kometanın' 1758-jılı qaytadan ko'rinetug'ınlig'ın boljadı. Bul boljam durıs bolıp shıqtı, sonlıqtan 1758-jılı ko'ringen kometag'a «Galley kometası» atı berildi. E.Galley Jer magnetizmin de izertledi.

Biraq, eger tartılıs ha'r bir deneye ta'n bolsa, onda nelikten biz ku'ndelikli turmista biz onı ushiratpaymız? Usınday sorawdın' tuwılatug'ınlıg'ın Niuton ko're alg'an ha'm usıg'an baylanıslı ol bılayınsha jazadı:

«Eger kimde kim bul nızam boyınsha bizin' qolımızdag'ı barlıq deneler bir biri menen tartısıwı kerek, biraq bunday tartısıw pu'tkilley sezilmeydi dep qarsılıq bildirse, onda men olarg'a bul denenin' massası Jerdin' massasınan qansha ese kishi bolsa, usı deneye qaray tartılıs ta sonsha ese kishi boladı, sonlıqtan bunday tartılıs sezilerliktey tartılıstan anag'urlım kishi boladı dep juwap beremen».

VIII usınıs o'zinin' ishine og'ada belgili bolg'an teoremanı aladı. Bul teorema boyınsha kontsentrik bir tekli qatlamlardan turatug'ın eki shar bir biri menen olardin' massaları sharlardin' orayında jaylasqan noqatlarday bolıp tartısadı. XXIV usınısta ten'izdin' tasıwı menen qayıwı Ay menen Quyashın' birgeliklegi ta'sirlerinen bolatug'ınlıg'ı tastıyıqlanadı. Kelesi XXV usınısta Niuton zamanının baslap usı waqıtlarg'a shekem matematiklerdi ko'p ha'lekshilikke salg'an, keyinirek «u'sh dene ma'selesı» dep at alg'an ma'sele qoyladı⁸⁵. Ma'selenin' mazmunı tartısıwg'a baylanıslı u'sh denenin' qozg'alısın anıqlawdan ibarat (Niutonda Jer, Ay ha'm Quyash).

Og'ada teren' ha'm qıyın bolg'an «Baslamalar» jariqqa shıqqannan keyin matematik Leybnits⁸⁶ ha'm karteziashılar⁸⁷ tartılıs tu'sinigine qarsı sawash basladı. Olar denelerdin' bazı bir aralıqtan ta'sir etisiwi haqqındag'ı juwmaqlardı sxolastikalıq ilimnin' jasırın qa'siyetlerine sa'ykes keledi dep esapladı. Bul qarsılıq ko'rsetiwlerge «Baslamalar» dın' ekinshi ha'm u'shinshi basılıwlarında keltirilgen alg'ı so'zde Rojder «bar ekenligi ta'jiriybede pu'tkilley ayqın anıqlanatuğ'ın sebepti jasırın sebep dep aytıwıg'a bolmaydı» dep ko'rsetti. Bul keskin ha'm inandırarlıq juwap edi. Eynshteynge shekem gravitatsiya ilimnin' dogmatı, sebebin tawıp bolmaytuğ'ın qubılıs bolıp keldi. Niutonın' o'zi de aralıqtan ta'sirlesiwdi ma'nissiz dep esapladı, biraq salmaq ku'shinin' ta'biyatı haqqındag'ı bul pikirın ko'pshilik aldında aytıwdan bas tarttı.

Niutonın' zamanlası Devid Gregoridin' 1705-jılı 21-dekabrde jazıldı dep belgi qoyılğ'an, biraq 1937-jılı g'ana jariq ko'rgen maqalasında Niutonın' bul problema boyınsha sheshim tapqanlıg'ın bayanlaydı. Bul mistikalıq-diniy sheshim edi⁸⁸. «...qozg'alıwshı denelerge barlıq jerde de bola alatug'ın qudaydan hesh qanday qarsılıq ko'rsetilmeydi»; «quday barlıq jerlerde, ha'tte denelerdin' ishinde de bola aladı». Solay etip, eger biz Devid Gregoridin' jazıp qaldırg'an mag'lıwmatlarına isenetug'ın bolsaq, onda Niutonın' sheshiminin' ma'nisi mınaday bolıwı kerek: aralıqtan ta'sirlesiwdegi arag'a tu'siwshi (ta'sirlesiwdi jetkerip beriwshi degen ma'niste) denederden erkin bolg'an ken'islikte de, denelerdin' ishinde de bola alatug'ın quday bolıp tabıladı.

Bul fizikalıq yamasa metafizikalıq gipoteza emes, al taza teologiya⁸⁹ bolıp tabıladı! Sonlıqtan ayırım ha'zirgi zaman fizikleri (Diugas, Lui de Broyl) Niutondı ullı qıyalshıl (a'rmanshıl) dep ataydı ha'm og'an «do'retiw boyınsha qıyalshıl» (onın' qıyalı tek do'retiw degen ma'niste) ga'pti qosıp qoyadı.

Biraq ullı Niuton pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamın tolıq ashtı ha'm onın' fizikalıq ma'nisin tolıq tu'sindi. Niuton boyınsha eki dene bir biri menen massalarınin' ko'beymesine tuwrı proporsional, al ara qashılıg'ının' kvadratına kerı proporsional ku'sh penen ta'sir etisedi ha'm ha'zirgi belgilewler ja'rdeminde bılayınsha jazıladı⁹⁰:

$$F \sim \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

⁸⁵ Bunday ma'seleni 1743-jılı Klero qoyg'an edi.

⁸⁶ Gotfrid Vilgelm Leybnits (Leibniz) (1646-1716) – nemis filosofi, logik, matematik ha'm tilshi.

⁸⁷ Karteziashılar - R.Dekartın' izin dawam ettiriwshiler, XVI-XVIII a'sirlerdegi filosofiya menen ta'biyattanıwdag'ı ag'im. Olar Du'nyanı bir birinen g'a'rezsiz eki substantsiyag'a bo'lgen.

⁸⁸ Bunday sheshimler «Baslamalar» ha'm «Optika» kitaplarınin' an' aqırında da orın alg'an.

⁸⁹ Teologiya – qudaydın' ma'nisi ha'm ha'reketleri haqqındag'ı diniy ilim.

⁹⁰ Bul formula Niutonın' «Baslamalar» ında joq.

Bul an'latpada r arqalı massaları m_1 ha'm m_2 bolg'an deneler arasındag'ı qashıqlıq belgilengen. Bul formulada gravitatsiyalıq turaqlı bolg'an $G = (6,67259 \pm 0,00085) \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ shaması joq. Sebebi Niuton zamanında onın' pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamının' durısılg'ı tek planetalardıń ha'm olardıń joldaslarının' qozg'alısların astronomiyalıq baqlawlar tiykarında tastıyıqlandı. Jer sharayatlarında bul nızamnın' durısılg'ı ha'm gravitatsiyalıq turaqlınnıń ma'nisi 1798-jılı G.Kavendish (1731-1810) ta'repinen anıqlandı.

İsaak Niuton. Optika

Niutonnnıń o'mirin izertlewshiler (Niutonnnıń biografları) bir awızdan onın' optikag'a bolg'an qızıg'ıwshılıg'ın a'sirese 1664-jıldan yamasa 1665-jıldan baslang'anlıg'ın atap o'tedi. Usı jılı ol «belgili ren'ler qubılısı u'stinde ta'jiriybeler o'tkeriw» ushın prizma satıp aldı. Bul boyınsha birinshi jetiskenliklerge ol 1665-jıldan 1667-jıllar ortalıg'ında (usı da'wirlerde Angliyada shuma epidemiyası jayılǵan edi) jetti. Usı waqıtları shumadan qashıp ol Vulstroptag'ı tınısh awılǵa jasag'an edi. 1668-jılı Niutonnnıń mug'allımı İsaak Barrou onı optika boyınsha jetkilikli bilimge iye dep esapladı ha'm og'an o'zinin' keyinirek Londonda 1674-jılı jariq ko'rgen «Optika menen geometriya boyınsha lektsiyalar» kitabın okıwg'a isenip tapsırdı. Niuton ta'repinen Barroudın' ren'ler haqqındag'ı eskerip qalg'an ko'z-qarasların qalay kommentariyler bermey o'tkerip jibergenligi tan' qaldıradı. Biraq usı jag'day tiykarında 1668-jılǵa shekem Niutonnnıń ren'lerdin' ta'biyatı boyınsha birde bir fundamentallıq na'tiyje almag'anlıg'ı haqqında juwmaq shıg'arıwg'a boladı. Ekinshi ta'repten basqa avtordın' jumısın oqıp ko'riw ondag'ı ko'z-qaraslardı o'zinin' ko'z-karastarı menen almasırw degendi an'latpaytug'ınlıg'ına na'zer awdarıw kerek.

1669-jılı Barrau Kembridjdegı kafedrasın basqarıwdı Niutong'a tapsırdı⁹¹ ha'm onın' o'zi optika boyınsha lektsiyalar oqıy basladı. Usı da'wirge onın' 1729-jılı (qaytı bolg'annan keyin) jariq ko'rgen «Optika boyınsha lektsiyalar» miyneti kiredi⁹². Niutonnnıń ren'lerdin' ta'biyatı boyınsha ashqan jan'alıg'ı haqqında ilimpazlar 1672-jılı baspadan shıg'g'an bayanatınan bildi ha'm bul jumıs bir katar ilimpazlar, sonın' ishinde Guk ta'repinen qatan' tu'rde sing'a alındı. Bunnan keyin uzıq dawam etken aytıslar orın aldı. Bul aytıslar qızba, ashıwshaq ha'm sezgir Niutondı ju'da' qapa qıldı. Na'tiyjede Niuton o'zinin' laboratoriyasına kirip alıp, ishten qulıptı urıp o'zinin' optika boyınsha fundamentallıq jumısların juwmaqlaw ushın otırdı. Bul jumıslardıń juwmaqları London qalasında 1704-jılı «Optika» («Optics») atı menen baspadan shıqtı. Bul waqıtlar Niuton ushın en' qolaylı moment edi, Sebebi bir jıl burın 1703-jılı Guk qaytı boldı. Kitaptın' alg'ı so'zinde Niuton bul miynetin' basım bo'leginin' 1675-jılı jazılǵanlıg'ın ha'm Korol ja'miyetinin' sekretarına ma'jilislerde oqıp beriw ushın jibergenligin, 12 jıldan keyin teoriyanı tolıq qılıw maqsetinde bul jumısqa ol qosımshalar kirgizgenligin jazadı. Bunnan da keyin Niuton eki kitaptan turg'an «Optika» g'a u'shinshi kitaptı da qostı. Niuton qaytı bolmasta burın bul kitap ekinshi ret 1717-jılı, u'shinshi ret 1721-jılı jariq ko'rde. Jumstın' avtorınnıń kelisimi menen «Optika» Klark ta'repinen latin tiline, al 1720-jılı Kost ta'repinen frantsuz tiline awdarıldı. XVIII a'sirde kitaptın' latin tilindegi awdarması ken' tu'rde tarqaldı ha'm bir neshe ret baspadan shıqtı.

«Optika» u'sh kitaptan turadı. Birinshi kitapta jaqtılıqtın' shag'ılıswı ha'm dispersiyası bayanlang'an (ren'lerdi analizlew ha'm sintezlew). Ekinshi kitapta juqa plenkalardıń ren'leri qarap shıg'ıladı. En' keyingi u'shinshi kitap difraktsiyanı qısqasha eksperimentallıq izertlewden turıp teoriyalıq xarakterdegı 31 soraw menen pitedi.

Kitap eksperimentallıq usıllarg'a sadıqlıqtı ha'm gipotezalar keltirip shıg'armay qubılıslardı ta'riplewdı saltanatlı tu'rde ja'riyalawdan baslanadı:

⁹¹ Bir waqıtları Niuton, al biraz keyin P.A.M. Dirak basqarg'an bul kafedranı Stiven Xoking basqaradı.

⁹² Qaran'ız: İsaak Niuton. Lektsii po optike. Perevod, kommentarii i redaktsiya akademika S.İ.Vavilova. İzdatelstvo Akademii Nauk SSSR. 1948. 296 s. Kitap eki bo'limnen turadı. Birinshi bo'lim «Jaqtılıq nurlarının' sınırı haqqında», ekinshi bo'limi «Ren'lerdin' payda bolıwı haqqında» dep ataladı.

«Bul kitaptag'ı menin' niyetim, - dep eskertedi avtor, - jaqtılıqtın' qa'siyetlerin gipotezalar menen tu'sindiriw emes, al olardı oylaw ha'm ta'jiriybeler menen da'lillew ha'm bayanlaw bolıp tabıladı. Bunin' ushın men kelesi anıqlamlar menen aksiomalardı aldın ala keltiremen».

Biraq Niutonnnın' usı programmag'a su'yengenligi haqqında ga'ptin' bolıwı da mu'mkin emes. Usı so'zlerden keyin da'rha'l keltirilgen anıqlama oqıwshını tan' qaldıradı. Bul anıqlama hesh na'rseni de an'g'artpaydı yamasa teoriyanın' anıq korpuskulalıq xarakterde ekenligi haqqında aytadı:

«Jaqtılıqtın' nurları degende men onın' bir sıztıq boylap izbe-iz na'wbetlesiwinen yamasa ha'r qanday sıztıqlar boyınsha bir waqıtta tarqalıwınan ibarat ju'da' kishi bolg'an bo'limin tu'sinem».

Al «jaqtılıq nurı – bul onın' en' kishi bo'limi» degen tastıyıqlaw neni an'g'artadı? Bul jerde Niutonda jaqtılıq nurının' a'yyemgi greklerden' tu'singenindey traektoriya emes, al bul anıqlamag'a berilgen tu'sinikte bilayınsha jazılğ'an:

«bir o'zi basqa jaqtılıqlarsız qaldırılğ'an ... en' kishi jaqtılıq yaki jaqtılıqtın' bo'leginin' bir o'zi tarqaladı, yaki onın' bir o'zi basqa jaqtılıq basınan keshirmeytug'in yamasa basqa jaqtılıqta orın almaytug'in bir na'rseni basınan keshiredi».

A'llette bul tu'siniksiz ga'pler Niutonnnın' ko'p eksperimentatorlarg'a ta'n illiuziyanın' qurbanı bolg'anlıg'ın bildiredi: tek faktlerge su'yeniw ha'm ha'r qanday teoriyanı ilaqtırıp taslaw tilegin bildirip, biraq usının' menen bir qatar o'zinin' eksperimentlerinin' juwmaqların jaqtılıq nurlarının' jan'a teoriyalıq kontseptsiyasın do'retiw ushın tiykar etedi. Bul kontseptsiya korpuskulalıq kontseptsiya, al ha'zirgi zaman tili menen aytqanda kvantlıq kontseptsiya edi. Demek biz tek usı faktlerdi esapqa alatug'ın bolsaq, onda Niutondı o'zinin' jasag'an da'wirinen 3 a'sir alg'a ketken danışpan dep atawımız kerek. Biraq biz XVII a'sirdin' aqırında usınılg'an jaqtılıqtın' korpuskulalıq kontseptsiyasın u'lken adasıw dep te esaplawımız mu'mkin. Sebebi sol da'wirlerdegi ko'p eksperimentler jaqtılıqtın' tolqın ekenligin ayqın ko'rsetti ha'm usı jag'daylardı Niutonnnın' zamanlası Niderlandiyalı ilimpaz Xristian Giuygenstin' (1629-1695) jaqsı tu'singenligin atap o'temiz ha'm bul boyınsha Giuygens printsipi dep atalatug'ın usı waqıtlarg'a shekem ken'nen qollanılatug'ın printsipti using'anlıg'ın bilemiz. Ol 1678-jılı jaqtılıqtın' tolqınlıq teoriyasın do'retti ha'm o'zinin' jumıslarının' juwmaqların 1690-jılı baspadan shıg'ardı. Biraq Niutonnnın' sol waqıtlardag'ı ilimdegi u'lken abırayı jaqtılıqtın' tolqınlıq kontseptsiyasının' ken' tarqalıwına kesent jasadı (basqa so'zler menen aytqanda Niutonnnın' abırayı optikanın' durıs rawajlanıwına kesent jasadı). Eger Niuton jaqtılıqtın' tolqın ekenligin da'lillegende onı optika boyınsha da haqıyqıy danışpan ilimpaz dep atag'an bolar edik (biraq onı biz danışpan ilimpaz dep ataymız). Al jaqtılıqtın' haqıykatında da tolqın ekenligin frantsuz fizigi Ogiusten Jan Frenel (1788-1827) 1818-jılı jaqtılıqtın' difraktsiyasının' teoriyasın do'retiw (Giuygens-Frenel printsipi) menen tolıq da'lilledi. Eger Niuton jaqtılıqtın' korpuskulalıq teoriyasın emes, al tolqınlıq teoriyasın islep shıqqanda, onda o'z zamanındag'ı optikanın' keskin rawajlanıwın ta'miynlegen bolar edi.

Bunnan keyin «Optika» kitabında birinshi anıqlama sıyaqlı tu'siniksiz segiz anıqlama ha'm segiz «aksioma» bayanlanadı. Olardın' barlıg'ı da sol waqıtlardag'ı geometriyalıq optikanın' tiykarğ'ı juwmag'ı bolg'an shag'ılısıw ha'm sınıw nızamları, su'wretlerdin' payda bolıw nızamların bayanlaydı.

Jaqtılıqtın' dispersiyası ha'm ren'lerdin' ta'biyatı. Kitaptın' bunnan keyingi eksperimentlerge baylanıslı bolg'an bo'limi waqıt sınag'ınan tabıslı o'tti ha'm ha'zirgi fizikalıq optikanın' tiykarı da'rejesine jetti. Problemanı qoyıwdag'ı danışpanlıqtı, onı sheshiwdegi sheberlikti, o'lshewlerdegi da'llikti atap o'tiw artıq bolmag'an bolar edi. Niutonnnın' jumıslarının' ta'sirinde prizmadag'ı sınıwdı izertlew jumıslarındag'ı alg'a ilgerilewge diqqat awdarıw jetkilikli. Sol waqıtları bunday jumıslar menen ko'p izertlewshiler shug'ıllandı.

Ta'jiriybelerdin' en' a'piwayı bolg'an birinshi toparında prizma arqalı eki ren'li (qızıl ha'm ko'k) Quyashtın' jaqtısı menen jaqtılandırılğ'an qag'az baqlandı. Bul ta'jiriybe Niutondı minaday fundamentallıq juwmaqqa alıp keldi:

«Ren'i boyınsha ha'r qıylı nurlar sınıw da'rejesi boyınsha da bir birinen ayrıladı».

A'lbette bul tastıyqlaw ju'da' jan'a tastıyqlaw emes. Sebebi bunday pikir 1648-jılı Marko Marshi (1595-1667) ta'repinen de aytlıǵ'an edi. Biraq Niutong'a en' son'g'ı tastıyqlawlardı bergen keyingi eksperimentlerdin' tolıq kompleksi pu'tkilley jan'a edi. Sonlıqtan bul komplekstin' basqalar ta'repinen sezilmey qalıwı mu'mkin emes edi. Qaran'g'ı o'jirenin' aynasında u'iken emes do'n'gelek tesik tesip usı tesikten o'tken jaqtılıq da'stesinin' u'iken dispersiyag'a iye prizmag'a tu'siwin a'melge asırdı. Al «spektr» di ekinshi ta'reptegi bir neshe metr qashılıqtıqtaǵı diywalg'a tu'sirdi. Prizmanı o'zinin' ko'sheri do'gereginde burıw arqalı eksperiment na'tiyjelerinin' en' jaqsı ko'riniw sharayatlardı anıqlandı. Ju'da' muqıyatlı tu'rde o'tkerilgen ta'jiriybeler Niutondı ren'lerdin' Quyash nurında bolatug'ınlıǵın, al prizmanın' tek sol nurlardı bo'letug'ınlıǵın isendirdi. Solay etip bul ta'jiriybeler (prizmanın') sındırıw da'rejesi menen ren' arasında bir ma'nisli sa'ykesliktin' bar ekenligin da'lilledi. Bul Dekartın' sıniw nızamına bir qansha du'zetiwler menen sa'ykes keldi: qa'legen tu'siw mu'yeshi ushın sıniw ko'rsetkishleri haqıyqatında da eki berilgen ortalıq ushın turaqlı shama bolıp tabıladı, biraq ren' o'zgergende o'zgeriske ushıraydı. Bunnan tu'siwshi nurda qansha ren' bolsa linzanın' da sonshama fokusınin' bolatug'ınlıǵı kelip shıǵadı. Buni İ.Niuton ha'zirgi waqıtları mekteplerde qoyılıp ju'rgen ta'jiriybelerdin' ja'rdeminde da'lilledi.

Bul jerde Niuton spektrdin' tazalıǵı haqqındaǵı ma'seleni sın ko'z-qaras penen izertleydi ha'm linza menen prizmadan turatug'ın ha'm Fraunhofer spektroskopınin' kollimatorı bolıp tabılatus'ın a'sbaptı ta'ripleydi. Bunday jag'dayda «nelikten Niuton Quyash spektrindegı qara jolaqlardı an'g'armadı?» degen soraw beriledi. Bug'an Niutonnın' ko'zinin' ko'riwinin' a'zziliginen yamasa ta'jiriybelerdi assistanttin' o'tkerliginen ha'm onın' bul qubılısqa itibar bermegenliginen dep juwap beriw kerek. Biraq qara jolaqtın' dıqqattan tısta qalg'anlıǵın sa'tsizlik dep emes, al jaqsı bolg'an dep esaplaw kerek. Sebebi onday jolaqtın' baqlanıwı ma'seleni quramalastrıǵan bolg'an ha'm Niuton bul problemanı an'satlıq penen sheshe almag'an bolar edi.

Ta'jiriybelerdin' ekinshi seriyasında Niuton jaqtılıqtı prizmanın' ja'rdeminde ha'r qıylı ren'degi jaqtılıqlarǵa jikleydi (bo'ledi) ha'm spektrdi jin'ishke san'lag'ı bar ekrang'a tu'siredi. Bunnan keyin san'laqtan o'tken bul nurdı ekinshi prizmag'a tu'siredi. Bul prizma da nurdın' bag'ıtın o'zgerterdi (awıstıradı), biraq ha'r qıylı ren'degi nurlarǵa bo'lmeydi. Spektroskopiya ushın fundamentallıq a'hmiyetke iye bolg'an ta'jiriybelerdin' bul toparı Niutondı bir tekli jaqtılıq tu'sinigine alıp keldi:

«Qa'legen bir tekli jaqtılıq onın' sıniw da'rejesine sa'ykes keliwshi o'zine ta'n ren'ge iye boladı ha'm usınday ren' shashırawlarda, sıniwlarda o'zgeriske ushıray almaydı».

Usınday jollar menen Dekartın' ren'lerdin' ta'biyatı haqqındaǵı boljawları og'ada ayqın tu'rde eksperimentlerde tastıyqlandı: jaqtılıq tu'sip turg'an deneler ren'di shıǵarmaydı ha'm nurlar o'zinshe ren'in o'zgertpeydi, nurlar bizde anaw yamasa mınaw ren'di seziwdi qozdırıw qa'siyetine iye. Ko'p a'sirler dawamında qa'liplesken da'stu'rler boyınsha Niuton aq penen qara ren'di esapqa almag'an xalda aq jaqtılıqtın' quramındaǵı jeti ren'degi jaqtılıqtı bir birinen ayıradı (qızıl, qızg'ılt-sarı, sarı, jasıl, aspan ren', ko'k, fiolet).

Niutonnın' ta'jiriybelerinin' ja'ne bir seriyasında bir prizma ja'rdeminde spektrge jiklengen jaqtılıq ekinshi prizmanın' ja'rdeminde qaytadan da'slep kidey jaqtılıqqa aylandırılǵan. Bunnan aq ren'degi jaqtılıqtın' ha'r qıylı ren'degi jaqtılıqlardıń qosındısınan turatug'ınlıǵı da'lillendi.

Aynalı teleskop. Biz joqarıda aytıp o'tken «Optika» nın' birinshi kitabın tallawlarda avtordın' qızıqlı keyin sheginiwin atap o'tpedik. Atanaqlastırılǵan prizmalar menen o'zinin' a'jayıp ta'jiriybelerin qoyıp Niuton «Baslamalar» da usınılg'an gipoteza tiykarında tu'sindiriwge tırıstı. Bul gipoteza og'an dispersiya sıniw da'rejesine proporsional dep juwmaq shıǵarıwǵa alıp keldi. Bul ko'pshilikke belgili bolg'an «Niutonnın' qa'tesi» bolıp tabıladı. Eger Niuton eksperimentler na'tiyjelerine su'yengende bunday qa'telikke jol qoymag'an bolar edi. Sol waqıtları Niutonnın' o'zi o'tkergen ta'jiriybeler de, 1676-jılı Belgiyalı Lukas o'tkergen ta'jiriybeler de dispersiyanın' sıniw ko'rsetkishine proporsional emes ekenligin ko'rsetti. Biraq Niuton bul jag'dayǵa ju'da' hiylekerlik penen qarsılıq bildirdi, ha'tte Lukastın' ta'jiriybelerinin'

da'lligine gu'manlanıw menen qaradı. Niutonnın' bul qaysarlıg'ının' sebeplerin tu'sindiriw dım qıym.

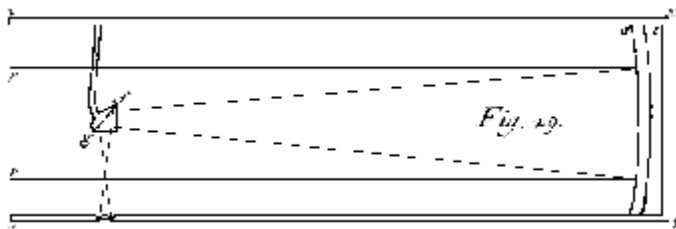
Eger dispersiya sınıw a'rejesine propoportsional bolg'anda, onda axromat linzalar menen prizmalardıń bolıwı mu'mkin emes. Linzalar ta'repinen payda etilgen su'wretler olar menen birge ju'riwshi ha'r qıylı ren'lerdin' qatnasıwı (Niutonnın' so'zi menen aytqanda «ren'li gedirgiler», bizin' ha'zirgi waqıtlardag'ı tilimiz benen aytqandı xromat aberratsiya menen barlıq waqıtta da buzılǵ'an. Sol waqıtları sferalıq aberratsiyanın' diafragmalardıń ja'rdeminde kishireytiliwi mu'mkin edi, al xromat aberratsiyanının' kishireytiliwi mu'mkin emes edi.

Usı ayılǵ'anlarg'a baylanıslı Niuton aynalı ko'riw trubaları⁹³ menen jumıs isley basladı. Bul a'sbapta oyıs aynanın' ja'rdeminde payda etilgen ob'ekttin' su'wreti u'lkeytiwshi linza arqalı ko'riledi. Bunday tiptegi a'sbapqa o'z waqıtında Sarpi ha'm Portalar jaqınlasqan edi. Bunday a'sbaplar haqqında Galiley o'zinin' oqıwshıları menen aytqan. Bunday a'sbap haqqındag'ı unamsız pikirdi Kavaleri ayttı. Teleskop Nikolo TSukki (1586-1670) ta'repinen onın' 1652-1656 jılları jarıq ko'rgen «Filosofiyalıq optika» kitabında da ta'riplengen edi. Usınday ko'riw trubalarının' biri 1616-jılı sog'ılǵan bolıwı da mu'mkin. TSukkidin' teleskopında u'lken sferalıq metall aynadan shag'ılısqan nurlar koaksiallıq shiyshe aynag'a kelip tu'sedi, bunnan keyin u'lken aynanın' orayında jaylastırılǵ'an linza arqalı baqlawshıg'a jetkerilip beriledi.

Mersenn TSukki teleskopın eki aynanı da parabolalıq etip linzanı joq qılıp modifikatsiyag'a ushıratdı. Kishi ayna ta'repinen payda etilgshen su'wret u'lken aynadagı tesik arqalı ko'rinetug'ın bolǵ'an. Djems Gregori ta'repinen 1663-jılı usınılǵan teleskopın' islewi de usı printsipke tiykarlang'an.

Biraq Niuton jbulardıń hesh qaysısın da bilmegen bolsa kerek. Ol 1668-jılı o'zinin' izertlewlerinin' na'tiyjeleri tiykarında o'zinin' teleskopın soqtı. Bul teleskop konstruksiyası boyınsha o'zinen buring'ı teleskoplardan ju'da' a'piwayı, biraq tapkarlıq penen tabılǵ'an o'zgesheligi menen ayrıladi. Teleskoplardın' burung'ı variantlarında u'lken aynadag'ı tesiktin' bar bolıwının' aqıbetinde teleskopqa tu'siwshi nurlardıń en' ta'sirli bo'limi paydalanılmag'an edi. Niuton bolsa oyıs aynadan su'wretti teleskopın' ko'sherine jaylastırılǵ'an ha'm usı ko'sherge salıstırg'anda 45° qa burılǵ'an aynag'a karay bag'ıtladı. Usının' saldarınan su'wretti ol teleskopıń qaptalında ornalastırılǵ'an linzanın' ja'rdeminde baqladı. A'llette bul beyimlestirilgen qural ju'da' a'piwayı ha'm sonın' menen birge paydalanıw ushın qolaysızlaw edi.

En' birinshi sog'ılǵan usınday trubanın' uzınlıg'ı 15 sm, al aynasının' radiusı 25 mm edi. Bul ob'ektlerdin' su'wretin 40 ese u'lkeytti. Bunday u'lkeytiwde IUpiterdin' joldasların ko'riw mu'mkin. Biraq alıng'an su'wret anıq emes edi. Teleskopı jetilistiriw ushın Niuton 15 jıldan kem emes waqıtın jumsadı, aynanı sog'ıw ushın ko'p sandag'ı kuymalardı izertledi ha'm aynanı polirowkalawdın' jan'a usılların izledi. 1671-jılı ol u'lken o'lshemlerge ha'm da'slepki teleskopqa salıstırganda a'dewir anıq su'wretler беретug'ın teleskopı soqtı. Bul teleskopı ol korol Karl II ge sawg'a retinde jiberdi. Al Karl II o'z gezenide teleskopı Korol ja'miyetine karap shıǵıw ushın jiberdi. Bul ja'miyet teleskopın' a'hmiyetin da'rha'l ko'rđi ha'm Niutondı ja'miyettin' ag'zası etip sayladı. Bul waqıya joqarıda ayılıp o'tilgenindey 1672-jılı bolǵ'an edi.



Niutonnın' tolıq ishki shag'ılısıwg'a iye prizmalı teleskopı.
(I.Newton, Optice, 1740)

⁹³ Ha'zirgi waqıtları biz bunday ko'riw trubaların teleskoplar dep ataymız.

Aynalı teleskopty izertlew İsaak Niutonnın' ilimiy iskerliginin' baslang'ışh nokatı edi. Usının' menen birge Gershel (1728-1822) ta'repinen 1789-jılı jetilistirilgen bul a'sbap bizin' ku'nlerimizge shekem instrumentallıq astronomiyanın' proğessi menen birge qa'dem qoymaqta.

Niuton aynalı mikroskopty da islep shıg'ıw menen shug'ıllandı. Biraq bul izertlewler boyınsha ol aytarlıqtıy jetiskenliklerge erise almadı.

Niutonnın' «Optika» kitabındag'ı saqıynalar. «Optika» nın' ekinshi kitabı to'rt bo'limnen turadı. Sol to'rt bo'limnin' birinshisinde og'ada sheberlik penen o'tkerilgen ha'm keyinirek klasskalıq ta'jiriybeler qatarına kirgen tiykarg'ı ta'jiriybelerdin' seriyası bayanlang'an. Bul jerde Niuton Guk ta'repinen baslang'an juqa katlamlardın' ren'lerin izertlewdi jan'adan baslaydı. Biraq Guk sol waqıtları turaqlı qalın'lıqqa iye bolg'an qatlamlardı izertlegen edi ha'm onı tikkeley o'lsheymen dep biykar ha'leklendi. Niuton bolsa Boyldın' durıs ideyasınan paydalandı ha'm ta'jiriybelerinde u'zliksiz o'zgeretug'in qatlamlardı izertledi. Niuton ta'repinen paydalanılğ'an klassikalıq du'zilis ba'rshege ma'lim: ju'da' kishi qıysıqlıqqa iye bir ta'repi do'n'ki linza o'zinin' tegis ta'repi menen basqa eki ta'repi de do'n'ki linzag'a tiygiziledi. Linza betine aq jaqtılıq kelip tu'skende Niuton (og'an shekem Boyl), onnan keyin fizikanı u'yrenip atırg'an barlıq studentler jaqtılıq tu'sken ta'repten karag'anda eki linzanın' tiyisken jerinde qara daqtı, al bul qara daqtın' do'geresinde birinen son' biri gezeklesetug'in raduganın' ren'i bar kontsentrlik jaqtı ha'm qaran'g'ı saqıynalardı (Niuton saqıynaları) ko'rđi.

Niuton bul kubılıstı tek aq jaqtılıqta emes, al monoxromat jaqtılıqta da ko'rđi. Sapalıq jaqtan eki jag'dayda da birdey qubılıs baqlandı. Biraq aq jaqtılıqta segiz yamasa tog'ız saqıyna ko'rinetug'in edi. Al monoxromat nurda bir neshe onlag'an saqıyna ko'rindi. Eger aq jaqtılıqtan aling'an saqıynalar prizma arqalı baqlang'an jag'dayda ha'r bir raduga saqıyna bir birine salıstırg'anda jılısqan ha'r qıylı ren'lerdegi saqıynalardın' sheksiz ko'p sistemasınan turatug'ını ko'ringen.

Bul og'ada a'jayıp kubılıs u'stinde o'tkerilgen ko'p sanlı ta'jiriybeler ha'm da'l o'lshewler Niutong'a ha'zirgi ku'nlerde de durıs bolıp esaplanatug'in ha'r qıylı nızamlıqlardı ashıwğ'a mu'mkinshilik berdi: qara ha'm jaqtılı saqıynalardın' radiusları olardın' ta'rtip sanının' (neshinshi ekenliginin') kvadrat tu'birine proporsional o'sedi eken, yag'nıy to'rtinshi saqıynanın' radiusı birinshi saqıynanın' radiusınan eki ese, al tog'ızınshi saqıynanın' radiusı u'sh ese u'lken boladı. Jaqtılıqtın' sınw da'rejesi qanshama u'lken bolsa, saqıyna da sonshama jaqın jaylasadı, yag'nıy qatar sanı bir bolg'an (nomeri bir bolg'an) saqıynalardın' radiusları qızıl ren'nen fiolet ren'ge o'tkende bir qa'lipke kishireyedi. Soın' menen qaran'g'ı saqıynalardın' da qanday orınlarda payda bolatug'inlı anıqlandı.

Bul izertlewlerdin' barlıq kompleksi ha'r bir ren' ushın xarakterli bolg'an bazı bir da'wirliktin' bar ekenligi haqqında mag'lıwmat beredi. Sonlıqtan Niuton ra'smiy tu'rde bazı bir tu'siniklerdi beriwge ma'jbu'r boldı. Usı maqsette ol en' da'slep materiyanı (dumannın' hawa menen qorshalg'an suw tamshılarının turatug'inlıg'ınday) ayırım tu'yirtpeklerden turatug'in ju'da' «mayda gewekliklerge» iye qurılısqa iye dep esapladı. Bunnan jaqtılıqtın' shashırawın jaqtılıq bo'lekshelerinin' zattag'ı serpinli soqqısının' na'tiyjesi dep esaplawğ'a bolmaydı ha'm Niutonnın' pikiri boyınsha ko'plegen optikalıq qubılıslar bul ko'z-karastı tastıyıqlaydı. Onda jaqtılıqtın' shag'ılısıwın qalay tu'sindiriw kerek? A'lbette korpuskulalıq ko'z-karasta turg'an Niuton bul sorawğ'a durıs juwap bere alg'an joq.

Solay etip ha'zirgi zaman fizikasının' atası Niuton klassikalıq fizikanı do'retti. Onın' miynetlerinin' tiykarg'ı juwmaqları, ol ashqan nızamlar, onın' anıqlamaları, aksiomaları, gipotezaları ha'm u'yretiwleri «Natural filosofıyanın' matematikalıq baslamaları» ha'm «Optika» kitaplarında keltirilgen. Galiley menen Niutonnın' da'wirinen baslap fizika ilim bolıp qa'liplesti.

Stiven Xoking Niuton haqqında:

İsaak Niutondı jag'imlı adam dep aytıwğ'a bolmaydı. Basqa ilimpazlar menen jaman qatnası arqasında ken'nen tanıldı ha'm o'mirinin' keyingi jılların ol tiykarınan ha'r qıylı urıs-ja'njeller

menen o'tkerdi. Fizika boyınsha jazılǵ'an barlıq kitaplar ishindegi so'zsiz en' ta'sirlisi bolǵ'an «Matematikalıq baslama» dep atalıwshı kitap jarıq ko'rgennen keyin Niutonnın' abırayı tezden ko'terildi. Ol Korol ja'miyetinin' prezidenti bolıp tayınlandı ha'm rıtsarlıq ataqqı miyasar bolǵ'an birinshi ilimpaz boldı. Ko'p waqt o'tpey ol «Matematikalıq baslamalar» ushın mag'lıwmatlar berip turg'an Korol astronomı Djon Flemstid penen ma'llesip qaldı. Endi ol Niutong'a za'ru'rli bolǵ'an mag'lıwmatlardı beriwdi irkinishke tu'sire basladı. Niuton bolsa bul awhal menen kelise almadı ha'm o'zi o'zin korol observatoriyasının' basshılarının' qatarına qostı ha'm keyin na'tiyjelerdin' da'rha'l baspadan shıǵ'arıwına eristi. Aqır-ayag'ında og'an Flemstidtin' jumısın o'zlestiriwdin' ha'm onı baspadan shıǵ'arıw haqqında Flemstidtin' dushpanı bolǵ'an Edmond Galley menen kelisiwdin' sa'ti tu'sti. Biraq Flemstid isti sudqa berdi ha'm sud urlang'an jumıstı tarqatıwdı qadag'an etip ma'seleni onın' paydasına sheshti. Bunday sheshim Niutonnın' qa'ha'rin keltirdi ha'm «Baslamalardıń» keyingi basılımlarınan Flemstidtin' jumıslarına bolǵ'an barlıq ssılkalardı alıp tasladı.

Bunnan da beter qattıraq ja'njel Niuton menen nemets filosofi Gottfrid Leybnits arasında bolıp o'tti. Niuton ha'm Leybnits bir birinen g'a'rezsiz ha'zirgi zaman fizikasının' u'lken bo'liminin' tiykari bolǵ'an differentsial esaplaw dep atalatug'ın matematikanın' oblastın rawajlandırdı. Niutonnın' bul esaptı Leybnitsten bir neshe jıl burın ashqanlıǵ'ı menen o'zinin' na'tiyjelerin Leybnitsten keyin ja'riyalag'anlıǵ'ın biz ha'zir jaqsı bilemiz. Kimnin' birinshi bolǵ'anlıǵ'ı haqqında u'lken ja'njel baslandı. İлимпazlar eki talasıwshını da u'lken ha'wes penen jaqladı. Niutondı qorg'ap jazılǵ'an maqalalardıń barlıǵ'ı da Niutonnın' o'zi ta'repinen jazılıp, onın' doslarının' atınan ja'riyalang'anlıǵ'ı ju'da qızıq. Talas qattı qızdı, biraq usı jerde Leybnits Korol ja'miyetine qarsılıqtı sheship beriw haqqında xabarlasıp u'lken qa'telikke jol qoydı. Usı ja'miyettin' prezidenti sıpatında Leybnitstin' arzasın talqılaw ushın Niuton «qızıǵ'ıwshılıǵ'ı» joq «tosınnan» tek g'ana Niutonnın' doslarınan turatug'ın komissiya du'zdi. Biraq is bunın' menen pitken joq: keyin Niutonnın' o'zi Leybnitsti ra'simiy tu'rde plagiatta ayıplap komissıyanın' esabın jazdı ha'm bul esaptı baspadan shıǵ'arıwǵ'a ja'miyetti ma'jbu'rledi. Bunnan da qanaatlanbag'an Niuton bul esaptın' qısqasha mazmunın ishine alatug'ın maqalanı atın ko'rsetpey Korol ja'miyetinin' gazetasında ja'riyaladı. Leybnits qaytı bolǵ'annan keyin Niuton «Leybnitstin' ju'regin jarıwǵ'a» sa'ti tu'skenlikten u'lken qanaatlanıw aldım dep aytqan degen ga'p bar.

Usı eki disput ju'rip atırǵ'anda Niuton Kembridjdi de, kafedranı da taslap ketti. Ol da'slep Kembridj universitetinde katolik dinine qarsı ha'rekette teperish tu'rde qatnastı. Keyin bunday ha'rekette parlamentte ko'zge tu'sti ha'm usının' na'tiyjesinde xoshametlew retinde Korol monetalıq dvorının' saqlawshısı lawazımına tayınlandı. Bul jerde ol jalǵ'an monetalar sog'ıwshılarg'a qarsı ken' masshtablı kompaniya o'tkerip o'zinin' jawızlıǵ'ı menen kekshiligin sotsiallıq jaqtan aqlay aldı ha'm ha'tte oların' bir qanshaların darg'a asıw arqalı o'lim jazasına jiberdi.

15-§. ON SEGİZINSHİ A'SİR. MEXANİKA

Sintezge tırısıw. XVIII a'sirdin' en' ullı ilimpazı Rojer Boskovish (1711-1787) sintezge qaray u'lken qa'dem qoydı. Onın' ko'z-qarasları onın' bir neshe kitabında bayanlang'an. Sonlardın' ishinde en' a'hmiyetlisi sıpatında 1759-jılı jarıq ko'rgen ha'm ko'p qaytadan basılǵan «*Philosophiae naturalis theoria redacta ad unıcam lcgem viriurn in nntwa exislentium*» («Ta'biyatta bar ku'shlerdin' birden-bir nızamına alıp kelingengen natural filosofiyanın' teoriyası») kitabın ko'rsetiwge boladı.

Bul jumıs u'sh bo'limnen turadı. Birinshi bo'liminde materiyanın' dinamikalıq interpretatsiyası bayanlang'an. Boskovishke sa'ykes materiya Niuton mexanikasının' u'sh nızamına bag'ınatug'ın kishi fizikalıq materiallıq noqatlardan turadı. Ha'r bir eki materiallıq noqat arasında tartılıs yamasa iyterilis ku'shi ta'sir etedi, bul ku'shtin' shaması olar arasındag'ı qashılıqtan terbelmeli xarakterde baylansqan. Da'lirek aytqanda u'lken qashılıqlarda noqatlar bir biri menen tartıladı, tartısıw ku'shi noqatlar bir birine jaqınlasqan sayın maksimumǵ'a

jetkenshe u'lkeyedi, bunnan keyin nolge shekem ha'lsireydi ha'm bunnan keyin iyterilis baslanadı. İyterilis te tartılıs sıyaqlı qashıqlıqtın' kemeyiwi menen maksimumg'a shekem o'sedi, bunnan keyin tez ha'lsireydi ha'm onın' ma'nisi nolge jetkennen keyin qaytadan tartılıs baslanadı ha'm bul qubılıs bir neshe ret qaytalanadı. En' kishi qashıqlıqlarda iyterilis ku'shleri hu'kim su'redi, bul ku'shler sırttan qanday qısım bolsa da eki materiallıq noqattın' bir birine tiyisiwine mu'mkinshilik bermeydi.

Boskovish o'z jumısının' ekinshi ha'm u'shinshi bo'limlerinde usı teoriyanın' ja'rdeminde barlıq mexanikalıq ha'm fizikalıq kubılıslardı qalay tu'sindiriwge bolatug'inlig'in ko'rsetedi: sin'irgishliktin' bolmawı (nepronitsaemost), denelerdin' belgili bir o'lshege iye ekenligi (protyajennost), urılıwlar, salmaq, ilinisiw (stseplenie), qattılıq, tıg'ızlıq, kapillyarlıq, optikalıq qubılıslar, ximiyalıq ta'sirler ha'm basqalardıń barlıg'ı. XVIII a'sirde Boskovishtin' jumısı ko'pshilikti tan' qaldırg'an bolsa da, bul isti dawam ettiriwshilerge iye bolmadı. XIX a'sirde Boskovishtin' ko'z-qarasları fiziklerge u'lken ta'sir tiygizdi ha'm ha'zirgi zaman atomistikasının' baslamashısı dep qaraldı.

XVIII a'sirde ju'rgizilgen izertlewlerdin' bas bag'ıtı pu'tkilley basqa ha'm bul izertlewler sintetikalıq emes, al analitikalıq edi. Bul a'sir jıynaw (toplav), sistemag'a tu'siriw ha'm sın ko'z-karas penen o'zgeshelikke iye. Fizikalıq laboratoriyalar sho'lkemlestirildi, a'sbaplardıń konstruksiyaları jetilistirildi, burın alıng'an eksperimentallıq na'tiyjeler tekserildi, bir a'sir burın usınılg'an ko'pshilik arasında tarqadı. XVII a'sirge salıstırg'anda XVIII a'sir tabısı a'sir bola almadı; bul asir birde bir ullı ideyanı bermedi Galiley, Giuygens yamasa Niutong'a usıg'an bir de bir ullı ilimpazdı keltirip shıg'armadı.

XVIII a'sirdin' tiykarg'ı ma'selesı matematikalıq analizdin' usılların sistemalı tu'rde paydalanıw arqalı ayırım ilimiy jetiskenliklerdi baylanısqa ha'm ta'rtplesken sistemag'a alıp keliw boldı. Bul ilimnin' bunnan bılay rawajlanıwına XVIII a'sirdin' qosqań bas u'lesi bolıp tabıladı.

Eger XVIII a'sirdin' tabısıların qısqasha ayqın tu'rde aytatug'ın bolsaq, onda biz bılay deymiz: bul a'sirde mexanika geometriyalıq mexanikadan analitikalıq mexanikag'a aylandı; aspan mexanikas menen bir qatarda onın' na'tiyjesi sıpatında matematikalıq fizika payda boldı; termometriya jetilistirildi ha'm kalorimetriya payda boldı; Niuton optikas bul oblastta aytarlıqtay progressiz-aq ilimge tolıq endi; a'sirdin' ekinshi yarımında jan'a ilim – elektr haqqındag'ı ilim payda boldı.

Dalamber printsipi. Niuton mexanikasının' geometriyalıq tilde bayanlang'anlıg'ın biz aytıp o'tip edik. İlimpazlardın' uızıq ha'm awır miynetlerinen keyin XVIII a'sirde geometriyalıq bayanlaw a'ste-aqırın analitikalıq bayanlawg'a o'tti. Niuton printsipleri qa'legen ma'seleni sheshiw ushın qolaylı bolg'an bolsa da mexanikanın' rawajlanıw protsessinde ma'selelerdin' bazı bir klassların qolaylı tu'rde qarap shıg'ıw ushın dara nızamlardı kirgiziwmaqsetke muwapıq boldı (salmaq orayı qozg'alısının', qozg'alıs mug'darının', qozg'alıs mmomentinin' mug'darının', tiri ku'shtin' ha'm basqalardıń saqlanıwı). Bul nızamlardıń ishinde dıqqatqa en' a'hmiyetlileri Dalamber printsipi menen en' kishi ta'sir printsipi (printsip naimenshego deystviya) bolıp tabıladı. Usı eki printsipti biz bayanlawg'a o'temiz.

Jan Batist Dalamber (1717-1783) ilimpaz sıpatında belgili adam bolıp tabıladı. Sonın' menen birge ol Deni Didro (1713-1784) menen «Entsiklopediya» u'stinde birge islesken qa'nige sıpatında da ko'pshilikke belgili. Biraq onın' atın ma'n'gige kaldıratug'ın en' ullı miyneti dinamikag'a bag'ishlang'an. Onın' bul boyınsha tiykarg'ı miyneti 1743-jılı jarıq ko'rgen, klassikalıq kitapqa aylang'an «*Traite de dynamique*» («Dinamika boyınsha traktat») bolıp tabıladı. Bul kitap ken'eytilgen ha'm du'zetilgen tu'rde avtor ta'repinen 1758-jılı qaytadan jarıq ko'rdi.

Kitaptag'ı aldın-ala eskertiwlerde Dalamber o'zinin' filosofiyasın (mexanika filosofiyasın) bayanlaydı. Dalamber boyınsha mexanika taza tu'rdegi ratsional ilimlerde, yag'nıy haqıyqıy printsiplerge (fizikalıq printsiplerge yamasa gipotezalarg'a emes) tiykarlang'an ilimlerde jatadı. Taza ratsional ilim sıpatında mexanika eksperimentallıq mazmung'a iye printsiplerden tazalanıwı kerek. Ol en' ulıwmalıq bolg'an za'ru'rli ha'm az sandag'ı tolıq tiykarlang'an bolıwı

sha'rt. Printsipierdin' sanın kemeytiw, olardıń qollanıw oblastların ken'eytiw Dalamber mexanikasının' programması bolıp tabıladı.

Niutonnın' ken'islik ha'm waqıt tu'siniklerin qabıl etip Dalamber ku'tin' tezleniwge proporsionalıg'ı nızamın sing'a aldı. Onın' pikiri boyınsha «bul nızam duman ta'rizli aksiomag'a tiykarlang'an, sebep na'tiyjege proporsional. Ekinshi ta'repten bul nızamnın' durıs yamasa durıs emesliginen g'a'rezsiz bul nızam kerek emes nızam bolıp tabıladı. Sonlıqtan bul nızamdı 1742-jılı Parij İlimler Akademiyasına bayanlag'an basqa nızam menen almasıwıw kerek». Dalamber baylanıslarg'a iye mexanikalıq sistemanın' ulıwmalıq jag'dayın qaradı ha'm usı mexanikalıq sistemanın' qozg'alıwı ushın kerekli bolg'an sistemag'a tu'sirilgen haqıyqıy ku'shler menen usı baylanıslar bolmag'andag'ı usı mexanikalıq sistemanın' tap sonday bolıp qozg'alıwı ushın kerekli bolg'an ku'shler arasında ekvivalentliktin' bar ekenligin ko'rsetti. Eger sa'ykes sha'rtti jazatug'ın bolsaq, onda bul jazıw «Dalamber printsipinenha'm sonlıqtan ol » turadı. Bunday jag'dayda ma'nisleri belgisiz bolg'an baylanıslar ku'shinin' ta'siri joq etiledi. Bunnan dinamikanın' ha'r bir ma'selesinin' bazı bir ma'niste ten' selmaqlıq ma'selesine, yag'nıy statikag'a alıp keliniwi kerek.

Haqıyqatında bul printsip fizikalıq mayatnikti qarag'anda 1703-jılı YAkob Bernulli (1054-1705) ta'repinen paydalanılǵ'an edi ha'm Niuton mexanikasınan keltirilip shıǵ'arıladı. Dalamberdin' xızmeti sonnan ibarat, ol bul printsiptin' og'ada jemisli ekenligin ko'rđi ha'm o'zinin' dinamikasın usı printsipte qurdı (inertiya printsipinde ha'm ku'shler parallelogrammı printsipinde). Dalamber ta'repinen sheshilgen ko'p ma'selelerdin' ishinde tiri ku'shti paydalanbay sheshilgen soqlıǵ'ısıw haqqındag'ı ma'seleni ko'rsetiwge boladı. Bul esaplawlar Eyler ta'repinen 1745-jılı Dalamber printsipin paydalanbay sheshilgen edi.

En' kishi ta'sir printsipi. Jaqtılıq tıǵ'ızraq ortalıqta u'ikenirek tezlik penen tarqaladı dep esaplaytug'ın Niuton teoriyasın qabıl etiw Ferma printsipin a'shkaralawg'a alıp keliwi kerek edi. Ferma printsipi tıǵ'ızraq ortalıqta jaqtılıqtın' kishi tezlikte tarqalatug'ınlig'ın boljadı. Solardıń ishinde Leybnits 1682-jılı ta'biyat barlıq waqıtta da en' jen'il joldı saylap aladı degen printsipke bul jolardıń en' kısqa ha'm en' joqarı tezlikler menen o'tiletug'ın jollar emes degen tiykarda Ferma printsipin biykarladı. Bul tartısqa XVIII a'sirde 1745-1753 jılları Berlik İlimler Akademiyasının' Fizika bo'liminin' prezidenti bolıp islegen Per Lui Moro de Mopertiui (1698-1759) qatnastı.

1740-jılǵ'ı Parij İlimler Akademiyasında islegen bayanatında ol jaqtılıqtın' tarqalıwı haqqındag'ı Fermanın' oyların da'l yadına tu'sire almadı ha'm usının' saldarınan Niuton teoriyası Fermanın' barlıq qurılısların qıyrattı dep esapladı. Fermanın' ko'z-qarasına qarsı Niutonnın' saqlanıw nızamına sa'ykes keliwshi ta'biyattag'ı basqa bir ekonomlaw printsipin tapqısı keldi. Bunday printsipti ol haqıyqatında da taba aldı, qala berse bunday juwmaqarg'a metafizikalıq talqılawlar arqalı keldi.

Jaqtılıq sing'anda en' kısqa, yag'nıy tuwrı sızıqlı jol menen ju'rmeytug'ın bolsa, onda nelikten ol en' tez ju'rip o'tiletug'ın jol menen ju'riwi kerek? Ne sebepli waqıt ken'islik aldında artıqmashlıqqa iye boladı? Joq jaqtılıq en' kısqa jol menen de, en' tez o'tiletug'ın jol menen de ju'rmeydi.

«Jaqtılıq haqıyqıy ekonomlı joldı saylap aladı: jaqtılıq ju'rip o'tetug'ın jol ta'sirdin' (deystvienin') ma'nisi minimum bolatug'ın jol».

«Ta'sirdin' ma'nisi» dep Mopertiui denenin' qozg'alıs mug'darının' o'tilgen jolg'a ko'beymesin tu'sindi. Eger jaqtılıq bir ortalıqtın' A noqatınan ekinshi ortalıqtın' B noqatına tarqalatug'ın bolsa, onda onın' jolında ta'sir minimallıq ma'niske iye, sonlıqtan eki ortalıqtın' shegarasında sınıw Dekart nızamı boyınsha boladı, al u'iken tezlik ko'birek sindiratuǵ'ın ortalıqta orın aladı. Mopertiui tuwrı sızıq boyınsha tarqalg'anda da, shag'ılsıqanda da jaqtılıqtın' en' kishi ta'sir printsipine bag'ınatug'ınlig'ın ko'rsetti.

Berlik İlimler Akademiyası ta'repinen baspadan shıǵ'arılǵ'an bunnan keyingi bayanatların' birinde Mopertiui en' kishi ta'sir printsipin eki denenin' tuwrıdan-tuwrı soqlıǵ'ısıwına qollanadı. Buni ulıwmalastırıw a'piwayı, biraq tabıs Mopertiuidi ulıwmalıq

printsipti saltanatlı tu'rde ja'riyaladı: ta'biyatta qanday da bir o'zgeris ju'z berse, usı o'zgeriske alıp keletug'in qozg'alıs mug'darının o'zgerisi barlıq waqıtta da en' kishi ma'niske iye boladı.

En' kishi ta'sir printsipi dag'azalang'annan keyin aytıslar baslandı. Bul aytıslarda tek fizikalıq ma'seleler emes, al metafizikalıq ma'seleler de ko'terildi (aqırg'ı sebep, qudaydın' bar ekenligi). Bul aytıslarda en' kishi ta'sir printsipinin' avtorı Eyler dep esaplandı. Biraq Eylerdin' o'zi bunı biykarladı. Sonın' menen birge Eylerdin' o'zi metafizikadan tazalang'an en' kishi ta'sir printsipin a'melde paydalana basladı. Ol bul printsiptin' qollanıwının' universallıg'ın ko'rsetti ha'm 1744-jıldan baslap onı mexanikanın' ha'r qıylı ma'selelerin sheshiw ushın qollana basladı (snaryadların' qozg'alısı oraylıq qozg'alıs ha'm tag'ı basqalar). Hakiyqatında «en' kishi» ta'sir printsipinin' atı Fermanın' «en' kishi waqıt» tu'siniginin' atı sıyaqlı durıs emes. Biraq usı jag'dayg'a qaramastan «en' kishi» yamasa «minimallıq» terminleri usı ku'nlerge shekem sabaqlıqlarda saqlanıp keldi.

Analitikalıq mexanika. 1836-jılı Leonard Eylerdin' (1707-1783) «Mechanica, sive motus scientia analytice exposita» («Analitikalıq tu'rde berilgen mexanika yamasa qozg'alıs haqqındag'ı ilim») kitabı jarıq ko'rđi. Bul kitaptın' atının' o'zi programma bolıp tabıladı. Al onın' avtorı Leonard Eyler bolsa XVIII a'sirdegi ilimdegi en' ko'rnekli figuralardıń biri bolıp tabıladı. Ol mexanikanı ratsional ilim sıpatında az sandag'ı anıqlamlar menen aksiomalarǵa tiykarlanıp bayanlawdı o'zinin' aldına maqset etip qoydı.

Ratsional mexanikasın jetilistiriwge bag'ıshlang'an XVIII a'sirde o'tkerilgen barlıq jumıslardıń na'tiyjeleri Lagranjdın' (1736-1813) 1788-jılı jarıq ko'rgen «*Mechanique analytique*» («Analitikalıq mexanika») kitabında bayanlang'an. Bul kitapta (traktata) birden-bir printsiplerden mexanikanın' barlıq bo'limleri bolg'an statika ha'm gidrostatika, dinamika ha'm gidrodinamika rawajlandırıldı. Galiley, Giuygens, Niutonnın' tu'siniklerin ha'm postulatlarnı qabıl etip, o'zinin' zamanlaslarınin' jumısların u'yrenip Lagranj o'zinn' aldına maqset qoyadı – bul printsiplerdin' ba'rin biriktirip, onın' tiykarında mexanikalıq ma'selelerdi sheshiwdin' ulıwmalıq analitikalıq usılın islep shıg'ıw. «Alg'ı so'z» de Lagranj o'zinin' maqsetleri haqqında bılay deydi:

«Menin' aldında mexanikanın' teoriyasın ha'm og'an tiyisli bolg'an ma'selelerdi sheshiwdi ulıwmalıq formulalarǵa alıp keliw tur, bul formulalarđı a'piwayı tu'rdegi detallastırıw qa'legen ma'seleni sheshiw ushın za'ru'rli bolg'an barlıq ten'lemelerdi beredi... Ekinshi ta'repten bul miynet ha'zirgi waqıtları mexanikalıq ma'selelerdi sheshiwde qollanııp ju'rgen ha'r qıylı printsiplerge bir ko'z-qarastan qaraw ushın paydalı, olardıń baylanısın ha'm o'z-ara baylanısqańlıg'ın ko'rsetedi ha'm da'lligi ha'm ulıwmalıg'ı boyınsha baha beriw ushın olardı ta'rtipke saladı».

Biraq Lagranjdın' aldındag'ı en' baslı mashkala geometriyalıq ko'z-qaraslarǵa bolg'an barlıq sılkalarđı alıp taslaw boldı:

«Bul jumısta siz su'wretlerdi taba almayıız. Menin' bayanlayın dep atırg'an usıllarım ushın su'wretler salıwdı, geometriyalıq yamasa mexanikalıq xarakterdegi talqılawlardı talap etpeydi, al qatan' ha'm bir tekli qag'ıydalarǵa bag'ınatug'ın algebralıq operatsiyalar kerek boladı. Matematikalıq tallawdı jaqsı ko'retug'ınlar tallawdın' bir bo'limine aylang'anlıg'ın ko'redi ha'm onın' qollanıw oblastının' usınday ken'eytilgenligi ushın mag'an minnetdar boladı.

Lagranjdın' matematikalıq talantı ha'm onın' ideyalarınin' ayqınlıg'ı aldına qoyılǵ'an maqsetlerge klassikalıq mexanika boyınsha derlik jetiliske miynetinde jetkizdi. Mexanikadag'ı Lagranj usılı usı waqıtlarǵa shekem ken'nen qollanıladı ha'm joqarı oqıw orınları ushın do'retilgen sabaqlıqlarda orın alg'an⁹⁴. Niuton mexanikasın tolıq tu'rde islep shıg'ıw jumısları Lagranjdın' analitikalıq mexanikasının' do'retiliwi menen pittı. Bul analitikalıq mexanika relyativistlik mexanika menen kvant teoriyaları do'retilgenshe fizika iliminde hu'kimlik etti.

16-§. ON TOG'IZINSHI A'SIR. MEXANIKA

⁹⁴ Qaran'ız. B.Abdikamalov. Mexanika kursı boyınsha lektsiyalar tekstleri. No'kis. 2008-jıl.

Jerdin' sutkalıq aylanıwı. XIX a'sirde mexanika ha'r qıylı na'tiyjeler menen bayıdı, didaktikalıq jaqtan jetilisti, «bul a'sirdin' ekinshi yarımı ushın ta'n bolg'an mexanikanın' printsiplerin kritikalawdın' saldarınan o'zinin' fundamentallıq tu'siniklerin durıs tu'sine basladı».

Fizikanın' tariyxı ushın dara tu'rdegi na'tiyjeler ishinde Giustav Gaspar Koriolistin' (1792 - 1843) 1831- ha'm 1835-jılları keltirilip shıg'arılǵ'an tezleniwdin' qurawshıları haqqındag'ı eki teoreması ha'm Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde aylanatug'ınlıg'ın eksperimentte da'lillewshi Fuko ta'jiriybesi bolıp tabıladı. Ha'zirgi waqıtlardag'ı sabaqlıqlarda Koriolistin' oraydan qashıwshi ku'shi Fuko ta'jiriybesi haqqındag'ı ma'seleler bir waqıtta bayanlanadı. Biraq tariyxıy jaqtan eki effekte bir birinen g'a'rezsiz: Koriolistin' teoremaları matematikalıq xarakterge iye ha'm ol Fukonın' ta'jiriybesine ta'sirin tiygize almadı. Fuko o'z da'wirinin' en' ullı eksperimentatorların' biri edi, o'z jumıslarında ol matematikanı az paydalandı ha'm sonlıqtan 1851-jılı o'zinin' «Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde aylanatug'ınlıg'ı haqqındag'ı o'zinin' tariyxıy jumısın» usıng'anda Koriolistin' jumısları haqqında hesh na'rse bilmedi.

Fuko mayatniktin' terbelis tegisliginin' o'zgerissiz qalatug'ınlıg'ı qubılısınan paydalandı. Usıg'na baylanıslı eger biz Jerdin' poliustinde onın' aylanıw ko'sherinde mayatnik ildirip qoyg'an bolsaq, onda ken'islikte onın' terbeliw tegisligi o'zgerissiz qalg'an bolar edi.

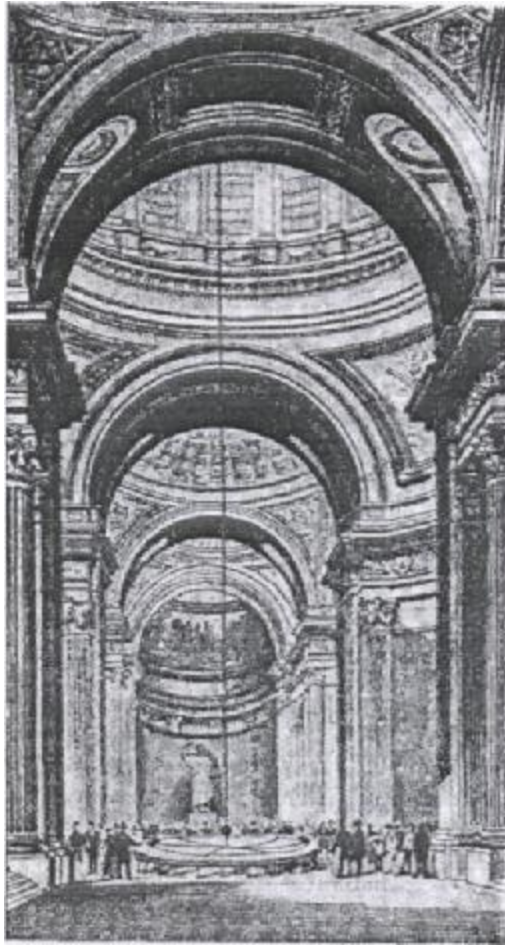
Eger poliusten bizin' ken'ligimizge karay jılassaq baqlanatug'ın qubılıs quramalasadı. Sebebi Jerdin' berilgen noqatındag'ı gorizont bag'ıtındag'ı tegislik Jerdin' ko'sherine salıstırg'anda en'keygen, sonlıqtan vertikal bag'ıt o'zinin' do'gereginde aylanbay, konuslıq betti sıızadı. Bul konustın' to'besinin' mu'yeshi poliusten ekvatorg'a jaqınlaw barısında u'lkeyedi. Fuko orta ken'liklerde de bul qubılıstın' sapalıq jaqtan poliustegidey bolatug'ınlıg'ın, al sanlıq jaqtan bazı bir o'zgerislerge ushıraytug'ınlıg'ın boljadı. Bul jag'daylardın' barlıg'ı ol derlik intuitsiyanın' ja'rdeminde nızam tu'rinde keltirip shıg'ardı, al keyinirek bul nızamnın' durıslıg'ı matematiklerdin' esaplawlarında tastıyıqlandı.

Fuko da'slep o'z ta'jiriybelerin podvalda isledi, keyinirek Aragonın' ja'rdeminde ol ta'jiriybelerdi Parij astronomiyalıq observatoriyasının' zalına ha'm bunnan keyin tamashago'yer menen tolı bolg'an Parij Panteonına ko'shirdi. Mayatniktin' sharının' salmag'ı 28 kilogramm, al onı ildirip qoyg'an jiptin' uzınlıg'ı 67 metr edi.

Terbeliwshi mayatnik o'zinin' to'mengi ushı menen polg'a jayıp qoyılǵ'an materialdın' betinde iz qaldıratug'ın etip islengen. Ta'jiriybeler mayatniktin' to'mengi ushının' biz sıızıqtın' u'stinen ju'rmeytug'ınlıg'ın ko'rsetedi, al saat strelkası bag'ıtında birdey shamalarg'a burılıp barlıq waqıtta da jan'a sıızıqlardı sıızadı.

Fuko ta'jiriybesi og'ada u'lken tabısqa eristi. Bul ta'jiriybe o'tkerilgennen keyin onı tu'sindiretug'ın og'ada ko'p sanlı matematikalıq xarakterdegi jumıslar islendi. Biraq usı tabıslarg'a qaramastan Fuko Jerdin' sutkalıq aylanısın bunnan da isenimlirek etip ko'rsetpekshi boldı ha'm kelesi 1852-jılı giroskoptı oylap taptı. Onın' texnikada birden ken' tu'rde qollanıla basladı ha'm usının' na'tiyjesinde onın' qanday maqsette oylap tabılǵ'anlıg'ı umıtıla basladı.

Jerdin' sutkalıq aylanısın da'lillewdin' ekinshi eksperimentallıq da'lili erkin tu'siwshi denelerdin' shıg'ıs ta'repke qaray awısıwı bolıp tabıladı. Bul qulılıstı qatan' tu'rde tu'sindiriw ushın Koriolistin' quramalı tu'rge iye bolg'an oraydan qashıwshi ku'shin esapqa alıw kerek boladı. Bunday awısıwdın' orın alatug'ınlıg'ın Borelli de intuitsiyalıq oylaw arqalı boljap aytqan edi. Bul boyınsha da'l ta'jiriybeler Ferdinand Rayx (1799-1882) ta'repinen 1833-jılı Freyburg shaxtasında islendi: 158 metrlik biyiklikten erkin tu'skende dene ortasha 28,3 millimetrge shıg'ıs ta'repke karay awıskan (o'tkerilgen ta'jiriybeler sanı 106).



Fukonin' Parij Panteonindag'ı
ta'jiriybesi.

Niuton printsiplerin a'shkaralaw. XIX a'sirdin' ekinshi yarımı Niuton mexanikasının' fundamentallıq tu'siniklari (ku'sh, massa, inertsıya, ta'sir ha'm qarsı ta'sir) u'stinde qızg'ın tu'rde diskussiyalar menen xarakterli. A'sirdin' basında-aq Lazar Karno Niuton ku'shinin' metafizikalıq ta'biyatın atap aytqan edi. 1851-jılı Barre de Sen-Venan (1797-1886) Sadi Karnonin' kritikasin dawam etti. 1861-jılı frantsuz matematigi ha'm ekonomisti Antuan Kurno (1801-1877) ku'sh tu'sinigine basqa xarakter berdi.

Kirxgof 1876-jılı ken'islik, waqıt ha'm materiya tu'siniklerinin' ja'rdeminde ku'shti analitikalıq jollar menen anıqladı. Matematikalerdin' nominalizmge bolg'an tendentsiyasına berilip ol «tezletiwshi ku'sh» dep onın' fizikalıq ma'nisi menen qızıqpastan anıq bir matematikalıq an'latpanı ataydı.

XIX a'sirdin' aqırında fiziklerge Ernest Maxtın' (1838-1916) jumısları ku'shli ta'sir etti. Eynshteyn David IUm (1711-1776) menen Maxtın' filosofiyalıq jumısların u'yreniw onın' sın ko'z-qaras penen o'tkergen izertlewlerin «a'dewir jen'illestirdi» dep esapladı.

Max denege tu'sirilgen ku'shtin' usı ku'shtin' saldarınan dene alatug'ın tezleniwge qatnası tu'rinde alinatug'ın turaqlı shama bolg'an massa tu'siniginen baslaydı. Max shın ma'nisinde minaday qarsılıq bildirdi: Massa tu'sinigi ha'r qıylı ku'shlerdin' ta'sirinde alinatug'ın ha'r qıylı tezleniwlerden g'a'rezli. Bir ku'sh ha'r qıylı denelerge ta'sir etip ha'r qıylı tezleniwler payda etetug'ınlıg'ınan massa tu'sinigi anıqlanadı. Usıg'an baylanıslı mexanikadag'ı massa tu'siniginin' a'hmiyeti sonnan ibarat, bir denenin' belgili bir ku'shtin' ta'sirinde qalay qozg'alatug'ınlıg'ın bilip usı ku'shtin' ha'r qıylı denelerge qozg'altıw tu'sirin anıqlay alamız.

Bunnan keyin Max simmetriya printsiplin qollanıw arqalı massa tu'sinigin keltirip shıg'arıwıg'a umtıladı: eger qanday da bir *A* denesi tezlenetug'ın bolsa, onda bul tezleniw qanday da bir *B* denesinin' ta'sirinde ju'zege keledi. Usının' na'tiyjesinde bul *B* denesi de o'z gezeginde *A* denesinin' ta'sirinde tezleniw aladı. Bul printsipti ol Niutonnan baslang'an eki qalqı

paydalanılatug'ın mısalda ko'rsetedi, bir qalqı magnit, al ekinshi qalkı temirdin' bir bo'legi. Olar bir biri menen tiyiskende qozg'alıssız qaladı.

Bunnan keyin Max oraydan qashıwshı mashına menen o'tkeriletug'ın ta'jiriybelerdin' basqa seriyasına o'tedi. Eki A ha'm B deneleri jip penen baynalısqa, al bul jip sterjen arqalı o'tkerilgen bolsın. Oraydan qashıwshı mashınanın' qa'legen aylanıw tezliginde de usı eki dene ten' salmaqlıqta qaladı. Bunday jan'dayda a ha'm a' tezleniwleri ko'sherge shekemgi aralıqlardan kerı proportsional. Al eger a ha'm a' tezleniwlerinin' kerı qatnasın alatug'ın bolsaq (yag'nıy da'slep qashıqlıqlardıń qatnasına baylanıslı $\frac{a}{a'}$ qatnası aling'an bolsa, onda bul jag'dayda $\frac{a'}{a}$ qatnası alınadı), onda bul qatnas sol denelerdin' massaların' qatnasınday boladı. Bunnan minaday ayqın tu'rdegi anıqlama kelip shıg'adı: eki denenin' massaların' qatnası dep usı deneler bir birine beretug'ın tezleniwlerdin' kerı qatnasınday shamag'a aytamız. Haqıykatında Max denenin' massasın anıqlawdın' ornına «eki denenin' massaların' qatnası» tu'sinigine keledi (yag'nıy massa tu'sinigine abstraktsiya arqalı anıqlama beredi). A'llette bunday anıqlama beriw ushın oraydan qashıwshı mashınanın' hesh qanday keregi joq.

Max o'zi using'an anıqlamanı hesh bir teoriya qollanbaylı dep qanaatlanıw menen atap o'tedi ha'm Niuton aytqan «zattın' mug'darı» tu'siniginin' pu'tkilley keregi joq dep juwmaq shıg'aradı. Bul anıqlamadan ta'sir menen qarsı ta'sirdin' ten'ligi printsipinin' de keregi bolmay qaladı. Sebebi bul printsip tek joqarıda keltirilgen faktti g'ana an'latadı.

Max Niuton mexanikasın keskin tu'rde kritikalıwshılardıń bir boldı. Onın' tiykarı printsipi ekonomlaw printsipi edi. Maxtın' pikirinshe ha'r bir ilimnin' ta'jiriybeni ekonomlaw printsipin basshılıqqa alıwı ha'm onı fakutlerdin' oydag'ı sa'wleneniwi menen almasırwı kerek. Bul jag'daylardın' barlıg'ı da Maxtın' filosofiyalıq kritikasının' mexikanın' rawajlanıwına tu'pkilikli tu'rde ta'sir etpegenligin ko'rsetedi.

Anri Puankarenin' klassikalıq mexanika haqqındag'ı a'shkaralıq ko'z-qarasları ko'birek belgili (bul ko'z-karaslar onın' 1906-jılı jarıq ko'rgen «İlim ha'm gipoteza» kitabında ayqın tu'rde bayanlang'an) Puankare «mexanika salıstırmalı qozg'alıslardı u'yrenetug'ın bolsa da, usı qozg'alıslardı ol absoliut ken'islikke ha'm absoliut waqıtta jaylastıradı» dep atap o'tip bul jag'daydın' sha'rtli tu'rde aling'an jag'day ekenligin eske aladı. Klassikalıq mexanika inertsia printsipin qabıl etedi, bun printsip eksperimentallıq fakt emes, al a'yyemgi grek mexanikleri bul printsipsız-aq o'zoerinin' jumısların isley aldı. Ekinshi ta'repten ku'sh qozg'alıstın' sebebi sıpatında metafizikalıq tu'sinik bolıp tabıladı. Al ku'shti o'lshew ushın ta'sir menen qarsı ta'sirdin' ten' ekenligin nızamınan paydalanıwg'a tuwrı keledi. Al bul nızamnın' ta'jiriybede anıqlang'an nızam emes, al anıqlama ekenligi ma'lim. Al pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamına kelsek, ol ta'jiriybede biykarlanıwı mu'mkin gipoteza bolıp tabıladı.

Solay etip klassikalıq mexanikadan ne qaladı? Bul haqqında Puankare o'zinin' «İlim ha'm gipoteza» miynetinde u'lken sheberlik penen bayanlag'an.

17-§. Albert Eynshteyn

XX a'sirdin' en' ullı fizigi. Ha'zirgi zaman fizikasının' tiykarın salıwshılardıń biri. 1999-jılı «Times» gazetasının' dag'azalawı boyınsha XX a'sirdin' en' ullı adamı.

Biz eger entsiklopediyalarg'a yamasa ha'r qıylı biografiyalıq mag'lıwmatlar qorlarına qarasaq Albert Eynshteynnin' o'miri ha'm miynetleri haqqında tiykarınan mınalardı oqıymız:

1879-jılı 14-mart ku'ni Germaniyadag'ı Ulma qalasında kishi kommersant German Eynshteynnin' shan'arag'ında tuwılǵ'an. A'kesi qurg'ınraq jasaw maqsetinde ko'birek tabıs

tabaman degen maqsette bir qaladan ekinshi qalag'a, bir elden ekinshi elge ko'p ko'ship o'tken. Usının' saldarıman Albert tamamlang'an orta bilim ala alg'an joq ha'm 16 jasqa shıqqanda SHveytsariyadag'ı TSiurix qalasındag'ı Joqarı politexnikalıq mektepke oqıwg'a tu'siwge tırısqa. Biraq kiriw imtixanların tapsıra almay, ol sol eldegi Arrau qalasındag'ı kantonallıq mektepke oqıwg'a kirgen. Bul mektepti 1896-jılı 20 jasında tamamlap 16 jasında kire almag'an politexnikalıq mekteptin' pedagogika fakultenine oqıwg'a kirgen. Bul mektepte ol ayırım pa'nler boyınsha ayırıqsha bahalarg'a, al ayırım pa'nler boyınsha to'men bahalarg'a oqıg'an. A.Eynshteynde politexnikalıq mekteptin' oqıw planlarına kirgen ma'jbu'riy pa'nler az qızıqtırg'an, al ol o'zin kızıqtıratug'ın ma'seleler menen ko'p shug'ıllang'an. Mektepti pitkerenligi haqqındag'ı diplomın ol 1900-jılı 1-avgust ku'ni alg'an. A.Eynshteyn ushın qıyın waqıtlar baslandı. Sol waqıtları onın' ata-anası İtaliyada turatug'ın edi ha'm olar balasının' bunnan bılay oqıwı ushın qa'rejet penen ta'miyinley almadı. Al 1902-jılı bolsa onın' a'kesi qaytı boladı. Sonlıqtan ol 1901-jılı 22 jasında Vintertur qalasındag'ı mektepte matematikadan sabaq bergen. Sol jılı ol «Kapıllırlıq qubılıslardıń na'tiyjeleri» dep atalatug'ın birinshi ilimiy miynetin baspadan shıg'ardı (itibar beremiz, ol o'zinin' birinshi ilimiy miynetin 22 jasında baspadan shıg'ardı).

Biz 1899-jıldan 1907-jılǵa shekemgi A.Eynshteynnin' o'mir jolı haqqındag'ı mag'lıwmatlardı beremiz:

1899-jıl – A.Eynshteyn SHveytsariya pukaralıǵın alıw ushın ra'smiy tu'rde arza jazadı.

1900-jıl. 27-iiul ku'ni imtixan ken'esi basqalar qatarında Grossman menen Eynshteynge diplom beriwge usınıs etedi. 28-iiul ku'ni bul usınıs orınlanadı.

- gu'zdin' ku'nleri: politexnikumda assistant lawazımın alıw ushın na'tiyjesiz (biykar) ha'reket etiw.

13-dekabr ku'ni Eynshteyn TSiurixten «Annalen der Physik» jurnalına o'zinin' birinshi jumısın jiberedi. Bul onın' «Kapıllırlıq qubılıslardıń na'tiyjeleri» dep atalatug'ın birinshi ilimiy jumısı edi.

1901-jılı 21-fevral ku'ni SHveytsariya puqaralıǵın aladı; 13-mart ku'ni den sawlıǵına baylanıslı a'skeriy xızmetti atqarıwg'a jaramaydı degen sheshim shıg'adı.

Mart-aprel aylarında Leyptsig qalasındag'ı Ostvaldta, Leyden qalasındag'ı Kamerling-Onneste jumısqa ornalasıw boyınsha na'tiyjesiz ha'reketler islenedi.

17-may ku'ni Eynshteyn TSiurix qalasınan ketiwi haqqında bildiredi.

19-maydan 15-iiulge shekem Vintertur qalasındag'ı texnikalıq mektepte matematika pa'ni oqıtıwshısı lawazımında isleydi. Vintertur qalasında ol 14-oktıbrge shekem qaladı.

Sentyabrden 1902-jıldın' yanvarı – SHafxauzen qalasında mug'allım sıpatındag'ı waqıtsha jumıs isleydi.

18-dekabr ku'ni Bern patent biurosına jumısqa alıwg'a o'tinish qılıp arza jazadı.

1902-jıl. 21-fevral ku'ni Eynshteyn Bern qalasına ko'shedi. Da'slep ol ata-anası ta'repinen jiberilgen aqshag'a ha'm matematika menen fizikadan jeke sabaqlar oqıtqanı ushın tu'sken aqshag'a ku'n ko'rđi.

16-iiun ku'ni SHveytsariyanın' Federallıq Ken'esi Eynshteyndi sınap ko'riw mu'ddeti menen Bern patentler biurosının' u'shinshi klass eksperti lawazımına tastıyıqlaydı ha'm og'an jılına 3500 frank mug'darında aylıq belgilendi. Ol bul jumısqa 23-iiun ku'ni kirisedi.

10-oktyabr ku'ni Milan qalasında a'kesi qaytı boladı.

1903-jılı 6-yanvar ku'ni (24 jasında) Mileva Marishke u'ylenedi.

Konrad Gabixt, Moris Solovin ha'm Eynshteyn «Olimpiya Akademiya» sınıın' tiykarın saladı.

5-dekabr ku'ni Eynshteyn Bernnin' ta'biyat izertlewshilerinin' jamiyetinin' ma'jilisinde «Elektromagnit tolqınların' teoriyası» temasında bayanat jasaydı.

1904-jılı 14-may ku'ni onın' birinshi ulı Gans Albert tuwıladı (Amerika Qurama SHtatların' Kaliforniya shtatının' Berkli qalasında 1973-jılı qaytı bolg'an).

16-sentyabr ku'ni sınap mu'ddetinin' tamam bolıwına baylanıslı Eynshteyn menen turaqlı kontrakt du'ziledi.

1905-jıl. 17-mart ku'ni jaqtılıq kvantları xaqqında gipoteza bayanlang'an maqalanı jazıw u'stindegi jumıslar juwmaqlanadı.

30-aprel ku'ni «Molekulalardıń o'lsheplerin jan'a anıqlaw» atlı dissertatsiyası u'stinde islegen jumsların juwmaqlaydı. Bernde basılğ'an ha'm TSiurix universitetine usınılg'an dissertatsiya iiul ayında qabıl etiledi. Dissertatsiyada «Menin' dostım doktor M.Grossmang'a bag'ishlang'an» dep jazılğ'an.

11-may ku'ni «Annalen der Physik» jurnalının' redaktsiyası Broun qozg'alısı haqqındag'ı birinshi maqalanı aladı.

30-iiun ku'ni «Annalen der Physik» jurnalının' redaktsiyasına arnawlı salıstırmalıq teoriyası haqqındag'ı Eynshteynnin' birinshi maqalasını kelip tu'sedi.

27-sentyabr ku'ni «Annalen der Physik» jurnalının' redaktsiyasına arnawlı salıstırmalıq teoriyası haqqındag'ı Eynshteynnin' $E = mc^2$ formulası keltirilgen ekinshi maqalasını kelip tu'sedi.

19-dekabr ku'ni «Annalen der Physik» jurnalının' redaktsiyası Broun qozg'alısı haqqındag'ı ekinshi maqalanı kelip tu'sedi.

1906-jılı 1-aprel ku'ni Eynshteyn lawazımını u'lkeydi. Ol ekinshi klass eksperti lawazımına o'tedi ha'm og'an jılına 4500 frank mug'darındag'ı aylıq belgilenedi (jıllıq aylıq mın' franke ko'beydi).

Noyabr ayında katı denelerdin' salıstırmalı jıllıq sıyımlıg'ı haqqındag'ı maqalasını baspada shıg'arıwǵa tayar boladı (qattı denelerdin' kvant teoriyası boyınsha birinshi maqala).

1909-jıl 6-iiul ku'ni patent biurosınan 15-oktyabrden baslap jumıstan shıg'ıwǵa arza beredi. Usı jılı 6-iiul ku'ni Jeneva universitetinen birinshi hu'rmetli doktor atag'ın aladı (keyinirek bunday ataqlardı ol ko'plegen universitetlerden aldı). 15-oktyabr ku'ni Eynshteyn ekstraordinar professorı lawazımın aladı ha'm og'an da'slep jılına 4500 frank is haqısı belgilenedi.

Bunday xronologiyalıq mag'lıwmatlardı keltire beriwge boladı. Sebebi Eynshteynnin' o'miri ha'm ilimiy xızmetleri haqqında og'ada ko'p sanlı kitaplar, maqalalar bar⁹⁵.

Eynshteynnin' da'slepki ilimiy jumısları molekulalıq fizika, termodinamikag'a ha'm statistikalıq mexanikag'a bag'ishlandı. Joqarıwda atıp o'tilgenindey ol birinshi maqalasın 1900-jıldın' aqırında jazdı. Bunnan keyin fizikanın' bul oblastı u'stinde 25 jılday jumıs isledi ha'm shama menen 40 maqala jazdı. En' birinshi tabısqa ol 1905-jılı Avagadro turaqlısın anıqlawdın' u'sh tu'rli usılın islep shıg'ıp eristi.

Fizikadag'ı ta'rtplesken o'tiwler ha'm revoliutsiyalıq da'wirler. Pu'tkil fizika tariyxında 1895-jıldan baslap 1905-jılǵ'an shekemgi on jıl aralıqtag'ıday ku'tilmegen, hayran kalarlıqtay da'wir bolıp ko'rgen joq. Biz sol da'wirde ashılǵ'an jan'alıqlardı joqarıda keltirilgen xronologiyada keltirip o'ttik. Biraq sonda da biz ja'ne bir ret sol tan' qaldırıwshı ha'm ku'tilmegen u'aqıyalardı eske tu'sirip o'temiz:

1895-jılı rentgen nurlarının' (X-nurlarının') ashılıwı;

1896-jılı Zeeman effektinin' ashılıwı, radioaktivliktin' ashılıwı;

1896-jılı elektronın' ashılıwı, infraqızıl spektroskopıyanın' 3 ten 60 mkm tolqın uzınlıǵ'ı diapazonına o'tiwi;

1900-jılı kvant teoriyasının' tuwılıwı;

1905-jıl arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' do'retiliwi.

Bul ashılıwlardıń barlıǵ'ın da fizikalıq teoriyalardıń en' tiykarların qaytadan qarap shıg'ıwdı talap etti. Novatorlıq teoriyalıq kontseptsiyalarg'a joldı eki adam ashtı: Maks Karl Ernst Liudvig Plank, Berlin universitetinin' professorı ha'm ekinshisi bir o'zi basqalardan ajıralǵ'an halda haldı jumıs islegen Albert Eynshteyn, SHveytsariyanın' patent brosinın' u'shinshi klass texnikalıq eksperti. Olar pu'tkilley ha'r qıylı adamlar bolǵ'an (alg'an ta'rbiyası boyınsha da, jasag'an jag'dayları boyınsha da, ilimiy stilleri boyınsha da). Biraq garmoniyag'a tırısıwlar olardıń ilimiy o'mirine pu'tkilley sin'gen edi. Sonlıqtan olar birin biri maqtanış etti.

Solay etip 1895-1905 on jıllıǵ'ın aqırında jan'a fundamentallıq teoriya bolǵ'an arnawlı salıstırmalıq teoriyası do'retildi. Al kvant teoriyasına baylanıslı bolǵ'an awhal qanday edi? Sol waqıtları kvant teoriyası fundamentallıq ta, konstruktivlik te teoriya emes edi. İstin' ma'nisi boyınsha ol teoriya da emes edi. Plank penen Eynshteynnin' qara denelerdin' nurlanıwı boyınsha birinshi na'tiyjeleri klassikalıq fizikanın' tiykarlarında qanday da bir jetilispewshiliklerdin' bar ekenligin ko'rsetti. Biraq bul tiykarlar arnawlı salıstırmalıq tooeyasıdag'ı day da'rha'l o'zgertilgen joq. Peter Debay mına jag'daydı eske tu'sirip o'tken edi: baspadan shıqqannan keyin Planktin' jumısı Axende talqılandı. Sol waqıtları Debay bul jerde Zommerfeldtin' qarawında jumıs isleytug'ın edi. Plank nızamı eksperimentallıq na'tiyjelerdi qanaatlandırdı, biraq «kvanlardın' fundamentallıq jan'a na'rse me yamasa jan'a na'rse emes pa» ekenligin olar bilmegen.

1900-jılı kvant teoriyasının', 1905-jılı arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' do'retiliwin birlestiretug'ın ja'ne bir na'rse, olardıń hesh qaysısının' do'retilgenin g'alaba xabar qurallarında bolıp, xalıq arasında bolıp yamasa ilim tariyxında jan'a eranın' baslang'andı dep basqa da bir

⁹⁵ Biz A.Paystin' (Abraham Pais, Rockfeller universiteti) «Naushnaya deyatelnost i jizn Alberta Eynshteyna» dep atalatug'ın ingliz tilinen awdarılǵ'an kitaptı oqıwdı usınıs qılamız. «Nauka» baspası, Moskva. 1989. 568 bet.

jollar menen dag'azalanbadı. Usı jerde eki teoriyanın' ku'saslıgı tamam boladı. Arnawlı salıstırmalıq teoriyası salıstırmalı tu'rde tez ha'm bir tegis qabıl etildi. Biraq Xendrik Anton Lorents ha'm Anri Puankare sıyaqlı ullı oy iyeleri bul teoriyanı konstruktivlik dinamikalıq teoriya emes dep esaplag'ısı kelmedi ha'm bul teoriyanı jan'a fundamentallıq kinematikalıq teoriya dep qıyınshılıq penen qabıl etti. Bul teoriya filosoflardın' arasında biyta'replik payda etti. Biraq usı jag'daytsqa qaramastan u'lken jastag'ı adamlar, olar menen birge Plank, sonın' menen birge jas teoretiklerdin' jan'a qa'wimi arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' Eynshteynnin' 1905-jılı shıqqan maqalasındag'ı eki printsiptin' ja'rdeminde anıqlanatu'g'ınlıg'ın moyınladı. Qalğanların' ba'ri de bul teoriyalıq printsiplerdin' tirkemeleri bolıp tabıladı. Arnawlı salıstırmalıq teoriyası da'rha'l «tayar tu'rde» payda boldı. «Eski» arnawlı salıstırmalıq teoriyası hesh waqıtta da bolg'an joq.

1900-jıldan 1925-jıllarg'a shekem do'retilgen «eski» kvant teoriyası «printsipsiz» arnawlı kag'ıydalardı ha'r qıylı jollar menen kirgiziw arqalı rawajlandı. To'mende keltirilgen to'rt ten'leme kvant teoriyasının' rawajlanıwın jaqsı sa'wlelendiredi.

Nurlanıwdın' kvant teoriyasının' birinshi ten'lemesi:

$$\rho(\nu, T) = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}. \quad (1)$$

Bul an'latpa qara denenin' ten' selmaqlıq nurlanıwının' spektrallıq tıg'ızlıg'ı $\rho(\nu, T)$ shamasının' jiyilik ν menen absoliut temperatura T dan g'a'rezligin ko'rsetetug'ın Plank formulası bolıp tabıladı. Bul formuladag'ı h Plank turaqlısı, k Boltsman turaqlısı, al c jaqtılıqtın' vakkumdegi tezligi. Bul nurlanıwdın' kvant teoriyasının' en' birinshi ten'lemesi. Eski kvant teoriyasının' qara denenin' nurlanıwı sıyaqlı quramalı problemalardı tallawdan kelip shıqqanlıg'ın dıqqatqa turarlıq waqıya bolıp tabıladı. 1859-jıldan 1926-jıl'g'a shekem bul formula teoriyalıq fizikanın', da'slep termodinamikanın', bunnan keyin elektromagnetizm teoriyasında, keyin eski kvant teoriyasında, en' aqırında kvant statistikasında en' aldın'g'ı qatarında orın aldı.

Ekinshi ten'leme 1905-jılı Eynshteyn ta'repinen jiyiligi ν ge ten' bolg'an jaqtılıqtın' ta'sirinde metaldın' betinen shıg'arıl'g'an elektronnın' (fotoelektronnnın') energiyası E ushın formula bolıp tabıladı:

$$E = h\nu - P. \quad (2)$$

Bul ten'lemede P arqalı elektronlardın' metal betinen shıg'ıw jumısı belgilengen. $E = h\nu - P$ ten'lemesi nurlanıw menen zat arasındag'ı kvantlıq ta'sirlesiwın' birinshi ten'lemesi bolıp tabıladı.

U'shinshi ten'leme Eynshteyn ta'repinen 1906-jılı aling'an ideal kristallıq qattı denenin' bir gramm-atomı ushın salıstırmalı jıllılıq sıyımlıg'ı c_V ushın keltirilip shıg'arıl'g'an ten'leme bolıp tabıladı:

$$c_V = 3R \left(\frac{h\nu}{kT}\right)^2 \frac{\frac{h\nu}{e kT}}{\left(\frac{h\nu}{e kT} - 1\right)^2}. \quad (3)$$

Bul an'latpada R arqalı universallıq gaz turaqlısı belgilengen. Bul formulanı keltirip shıg'arg'anda Eynshteyn kristallıq pa'njerenin' barlıq tu'yinleri (kristaldın' barlıq atomları) tek birdey jiyilikler ν menen terbeledi dep esaplang'an (bunday juwıqlaw jokarıdag'ı durıs emes

$c_V \sim \frac{1}{T^2}$ formulasına alıp keldi, al haqıyqatında $c_V \sim \frac{1}{T^3}$ nızamının' orınlanıwı kerek). Bul qattı denelerdin' kvant teoriyasının' birinshi ten'lemesi bolıp tabıladı.

En' aqırg'a to'rtinshi ten'leme 1913-jılı Nils Bor ta'repinen usınılg'an atomlın' qurılısının' kvant teoriyasının' ten'lemesi bolıp tabıladı:

$$Ry = \frac{2\pi^2 e^4 n}{h^3 c}. \quad (4)$$

Bul an'latpada Ry arqalı Ridberg turaqlısı, e arqalı elementar zaryad, n arqalı kvant sanı belgilengen.

Bul ten'lemelerdi qollanıwdag'ı tabıslar kvant teoriyasının' bar ekenligin ayqın ko'rsetti.

Eski kvant teoriyası fizikadag'ı 25 jıl ishinde bolıp o'tken revoliutsiyanı o'z ishine qamtıydı. Bul da'wir ishinde klassikalıq fizikanın' eski ko'z-karasları qıyratıldı. Bunday ma'niste arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' da, ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' da do'retiliwi revoliutsiyalıq o'zgerislerge alıp kelgen joq. Olardın' payda bolıwı hesh na'rseni de da'rha'l tamırınan qozg'ag'an joq. Bul teoriyalar bar ko'z-qaraslardın' jana oblastlarg'a tarqalıwı, biliwdin' shegaralarının' ken'eyiwi edi.

Bul jag'daydı a'piwayı mısalda ko'rsetken qolaylı. Arnawlı salıstırmalıq teoriyasına sa'ykes bir bag'ıttag'ı eki v_1 ha'm v_2 tezliklerinin' fizikalıq qosındısı mına an'latpa menen beriledi:

$$\sigma(v_1, v_2) = \frac{v_1 + v_2}{\left(1 + \frac{v_1 v_2}{c^2}\right)^2}. \quad (5)$$

(5)-an'latpa 1905-jılı Puankare ha'm Eynshteyn ta'repinen bir birinen g'a'rezsiz alındı. Ten'leme sheklik ma'niske iye. YAg'nıy $\sigma(v_1, c) = c$. Bul na'tiyje pu'tkilley jan'a na'tiyje bolıp tabıladı. Bunnan tezliktin' qa'legen ma'nisi ushın $\sigma(v_1, v_2) = v_1 + v_2$ klassikalıq an'latpanın' ulıwma jag'daylarda durıs emes ekenligi kelip shıg'adı. Biraq jaqtılıqtın' vakuumdegi tezligi c nın' shaması sekundına u'sh ju'z mın' kilometr ju'da' u'lken shama bolıp tabıladı. Sonlıqtan Jer betindegi tezlikler ushın $\sigma(v_1, v_2) = v_1 + v_2$ klassikalıq tezliklerdi qosıw formulasınan paydalana beriwge boladı. Bul salıstırmalıq teoriyasının' sa'ykeslik printsipti bolıp tabıladı. Demek Galileyden baslap Niutong'a ha'm Maksvelge shekemgi baslamashılardıń dan'qqa bo'lenip jata beriwine boladı.

Kvant teoriyasında bolsa awhal basqasha edi. Eynshteyn ta'repinen salıstırmalı jıllılıq sıyımlıg'ı ushın joqarda keltirilgen an'latpa alıng'annan baslap bul an'latpanın' joqarı temperaturalarda a'lle qashan Diulong ha'm Pti ta'repinen alıng'an an'latpag'a sa'ykes keletug'ınlıg'ı ma'lim boldı (yag'nıy 6 kal/mol). Joqarıda keltirilgen Plank formulası menen klassikalıq Reley-Djins formulasının' arasındag'ı sa'ykeslikti ko'riw ushın tek bes jıl g'ana ketti (Bul formula $h\nu < kT$ sha'rti orınlanatug'ın jag'daylar ushın durıs na'tiyje beredi), Bul eki na'tiyje klassikalıq statistikalıq tarqalıw nızamlarının' salıstırmalı joqarı temperaturalarda durıs na'tiyjelerdi беретug'ınlıg'ın ko'rsetedi, bunday temperaturalarda kvantlıq ha'm klassikalıq nızamlar arasında sa'ykeslik orın aladı. $E = h\nu - P$ ha'm $Ry = \frac{2\pi^2 e^4 n}{h^3 c}$ ten'lemeleri ushın sa'ykes sheklik ma'nisler joq. 1925-jıl g'a shekem en' fundamentallıq ko'z-karaslar tiykarında da hesh na'rseni da'lillew mu'mkin bolmadı. Kvant mexanikası, kvant statistikası ha'm maydannın' kvant teoriyası do'retilgennen keyin g'ana bul eki an'latpa teoriyalıq tiykarlarg'a iye boldı.

Da'slepki jol salg'an adamlar (baslamashılar)

Eynshteyn neni bilgen edi? XIX a'sirdin' aqırlarındaǵı elektromagnetizmnin' teoriyasının' tariyxın izertlegenlerdin' ko'pshiliginde ko'rnekli fizik-teoretik ha'm eksperimentator Genrix Rudolf Gerts ta'repinen aytilg'an «Maksvell teoriyası degenimiz Maksveldin' ten'lemeler sisteması bolıp tabıladı» degen so'zler o'zlerinin' jumıslarında keltirgen. Maksvell menen Eynshteynnin' ortasındaǵı da'wirde elektrodinamika degenimiz Maksvell ten'lemeler sisteması plius usı ten'lemelergi kiriwshi zaryadlar menen toqlardin' tıǵ'ızlıǵı ushın jazılǵ'an an'latpalar plius du'nyalıq efirdin' bar ekenligi haqqındaǵı gipoteza dep esaplandı. Bul anıqlamanı keste tu'rinde beremiz:

Elektrodinamika:		
Maksvell ten'lemeler sisteması	Maksvell ten'lemeler sistemasındaǵı zaryadlar menen toqlardin' tıǵ'ızlıǵı ushın jazılǵ'an an'latpalar	Du'nyalıq efirdin' bar ekenligi haqqındaǵı gipoteza

Maksvell teoriyasında oraylıq orın maydan kontseptsiyasına berildi. Bul teoriyada a'piwayı tu'rde bolsa da efirdin' qatnasıwı dawam ettirildi. Biraq ken'islik u'sh yamasa to'rt ret efir menen toltrılǵ'an joq edi. 1893-jılı Kelvinnin' jazǵ'anında, XIX a'sirde ko'p sandaǵı miynetkeshler menen oyshıllar jaqtılıqtı, jıllılıqtı, elektrdi ha'm magnetizmdi alıp ju'riwshi «plenium» tu'sinigin engiziwge ja'rdem berdi. Biraq XIX a'sirde bul birden bir efir atag'ına kandidatlardın' sanı ko'p edi, olardıń bir qanshası Maksvelge shekem-aq payda boldı. Frenel, Koshi, Stoks, Neyman, Mak-Kulag, Kelvin, Plank ha'm basqa da efirler bar edi. Olar bir birinen bir teklik da'rejesi, qısıwshılıǵı, Jerdin' qozǵ'alıwı na'tiyjesinde Jer menen birge qosılıp ju'riwi ha'm basqa da qa'siyetleri menen ayrılatug'ın edi. Usı jag'day tolıǵı menen bolmasa da Maksvelden keyingi «Maksvell teoriyaları» nın' payda bolıwına alıp keldi: Gerts, Lorents, Larmor, Vixert, Kon ha'm basqalardıń teoriyaları.

Gertstin' bul teoriyalardıń barlıǵın da biliwi ta'biyiy. Sebebi onnıń o'zine de o'zinin' Jerdin' qozǵ'alıwı menen birge alıp ju'riletug'ın efir tu'sinigin kirgizdi. Onnıń aforizmi bılayınsha aytiladı: «Maksvell teoriyası Maksvell ten'lemeleri sisteması bolıp tabıladı. Ten'lemelerdin' usı sistemasına alıp keletug'ın, usıǵan sa'ykes sol mu'mkin bolǵan qubılıslardı ta'ripleytug'ın qa'legen teoriyanı men Maksvell teoriyasının' variantı yamasa dara jag'dayı dep qarag'an bolar edim».

Efirler teoriyaları menen «Maksvell teoriyaların» do'retiwshilerdin' aldında turg'an en' a'hmiyetli ma'sele jaqtılıq aberratsiyasın, Freneldin' alıp ju'riw teoriyasın, keyinirek Maykelson-Morli ta'jiriybesin dinamikalıq tu'sindiriw boldı. Ken' ma'niste aytqanda olar Eynshteyn ushın baslamashılar (predshestvennikler) boldı. SHın ma'nisinde olar aldında turg'an bul ma'selenin' sheshilmeytug'ın ma'seleler ekenligin, qala berse bunday ma'seleni qoyıwdın' keregi joq degen juwmaqlarg'a keldi. Gertsitin' tu'siniwi boyınsha Eynshteyn teoriyası tek bir Maksvell teoriyası emes. Onnıń teoriyası ha'mmesin o'z ishine qamtıytug'ın jan'a kinematikanın' sheklerindegi qozǵ'alıwshı denelerdin' elektrodinamikasının' qıyınshılıqların sheshiwge mu'mkinshilik berdi. Lorents ha'm Puankareden alg'a ketip en' tiykarg'ı ma'sele etip XIX a'sirdegi ko'z-qaraslar boyınsha o'lshewler problemaların fundamentallıq qayta qarap shıǵıwdı ol birinshi bolıp usındı. Eynshteyn ekinshi ret kvant mexanikasında da tap usınday na'rseni isledi.

Biz ha'zir Lorents penen Puankarenin' jumısların qarap shıǵ'amız. Da'slep Lorents tu'rlendiriwlerinin' keltirilip shıǵ'arıw ha'm olarg'a ma'ni beriw menen shug'ıllanamız:

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - vt), & L1 \\ y' &= y, & L2 \\ z' &= z, & L3\end{aligned}$$

$$t' = \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right), \quad \text{L4}$$

$$\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}. \quad \text{L5}$$

Bul tu'rlendiriwler (x', y', z', t') ken'islik-waqtın' bir koordinatalar sistemasın og'an salıstırğ'anda v tezligi menen qozğ'alatug'ın (x, y, z, t) sisteması menen baylanıstıradı. A'llette a'piwayılıq ushın tek x ko'sheri bag'ıtındag'ı qozğ'alıstı qaraymız.

Bizin' a'n'gimemizdin' tiykarg'ı ha'reket etiwshi qaharmanları Lorents tu'rlendiriwlerin birinshi bolıp jazğ'an Fogt, qozğ'alıs bag'ıtında denelerdin' qısqaratug'ınlıg'ı haqqındag'ı birinshi gipotezanı usıng'an Fitsdjerald, Lorents, qozğ'alıs bag'ıtında denelerdin' qısqaratug'ınlıg'ı tuwralı birinshi gipoteza menen Lorents tu'rlendiriwlerin baylanıstırğ'an Larmor ha'm Puankare boladı. Sonın' menen bir qatar 1900-jılğ'a kele bir qatar izertlewshiler materiallıq sıpatında efir tu'siniginen bas tartıw kerek degen pikirlerge kele basladı. Mısalı Paul Drude 1900-jılı bılay dep jazdı: «Eger bir tınıshlıqta turg'an efir degende qanday da bir substantsiyanı emes, bazı bir fizikalıq qa'siyetke iye ken'islikti tu'sinetug'ın bolsaq, onda usınday efir kontseptsiyası en' a'piwayı ha'm ta'biyiy tu'rge iye boladı». 1901-jılı bolsa Emil Kon: «Usınday ortalıq bizin' ken'isligimizdin' barlıq ushastkaların toltırıp turadı; bunday ortalıqtın' qanday da bir salmaqqa iye substantsiya bolıwı da, vakuum bolıwı da mu'mkin».

Eynshteynnin' o'zi salıstırmalıq boyınsha birinshi maqalasında tek Maksvelldin', Gertstin' ha'm Lorentstin' atların keltiredi. Ol 1905-jılı Lorentstin' 1895-jılğ'a shekem jazğ'an maqalaların bilemen dep bir neshe ret jazdı. Usıng'an baylanış Eynshteynnin' ko'p biografları 1905-jılı onın' 1904-jılı keltirilip shıg'arılğ'an Lorents tu'rlendiriwleri haqqında hesh na'rse esitpegenligin atap o'tedi. Ol bul tu'rlendiriwlerdi (qaytadan) o'zi keltirip shıg'ardı⁹⁶. Sol waqıtları Eynshteyn salıstırmalıq problemaları tolıq tu'rde qarap shıg'ılğan Puankarenin' de maqalaları menen de tanıs emes edi.

Fogt. Voldemar Fogt 1887-jılı

$$\square\varphi = 0, \quad \text{F1}$$

$$\square \equiv \partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2 + \partial^2/\partial z^2 - \partial^2/c^2 \partial t^2$$

tu'rindegi an'latpanın' jan'a ken'isliklik-waqtılıq o'zgeriwshilerge o'tkende

$$\begin{aligned} x' &= x - vt, \\ y' &= \frac{y}{\gamma}, \\ z' &= \frac{z}{\gamma}, \\ t' &= t - vx/c^2 \end{aligned}$$

tu'rinlendiriwlerin paydalang'anda o'z formasın saqlaytug'ınlıg'ın da'lilledi. Bul masshtablıq ko'beytiwshige shekemgi da'lliktegi Lorents tu'rlendiriwleri bolıp tabıladı. Bul haqqında Fogt Doppler effekti xaqqındag'ı maqalasında jazdı. Bul ten'lemeler ja'rdeminde Fogt Doppler awısıwların v/c ta'rtibindegi burınnan-aq belgili bolğ'an ag'zalarğ'a shekem esapladı. Onın' bul usılı ha'zirgi waqıtlarg'a shekem qollanıladı. Bunda tegis jaqtılıq tolqınının' fazasının' keyingi aling'an tu'rlendiriwlerge qarata invariantlıg'ı paydalanıladı. Lorents Fogtın' bul jumısı

⁹⁶ YAg'nıy Lorents ta'repinen 1904-jılı keltirilip shıg'arılğ'an tu'rlendiriwlerdi 1905-jılı Eynshteyn qaytadan keltirip shıg'ardı.

haqqında bilmegenligin tek 1909-jılı g'ana u'iken o'kinish penen atap o'tedi ha'm onin' tu'rlendiriwlerinin' o'zi ashqan tu'rlendiriwlerge ekvivalent ekenligin atap o'tken.

Fiziklerdin' ushırasıwlarınin' birinde 1908-jılı German Minkovskiy Fogttın' 1887-jılǵ'a maqalasın ayırıqsha atap o'tip 1887-jılı «keyinirek elektromagnetizm teoriyası tiykarında keling bir qatar na'tiyjeler aling'an edi» dep jazg'an.

Lorents. Biz qarap atırg'an jag'daylarg'a baylanışlı Lorents birinshi maqalasın Maykelson ha'm Morli ta'jiriybelerine shekem 1886-jılı jazdı. Biraq sol waqıtları Maykelson ha'm Morlidin' ta'jiriybelerinin' n'a'tiyjelerine tolıq isenbegen Lorents «Frenel gipotezasının' eksperimentte biykarlanıwı mende gu'man tuwdıradı» dep jazg'an.

1892-jılı Lorents o'zinin' elektromagnetizmnin' atomistlik teoriyası boyınsha birinshi maqalasın ja'riyaladı. Usı waqıtlarg'a shekem Maykelson ha'm Morliler Lorentste u'iken tınıshsızlanıw payda etken ta'jiriybelerin o'tkerip u'lgerdi. Ol «Ko'p waqıtlarg'a shekem bul ta'jiriybenin' na'tiyjesi menin' ushın ju'mbaq bolıp qaldı. Aqır ayag'ında menen bul na'tiyjelerdi Frenel teoriyası menen jarastırıwdın' bir usılın oylap taptım. Da'slep Jerdin' qozg'alısı bag'ıtına parallel bolg'an qattı denenin' eki noqatın baylanıstırıwshı sızıqtın' 90^0 qa burılǵanda da'slepki uzınlıǵın saqlamaydı dep esaplawdı usınaman» dep jazdı. Eger usı uzınlıq keyingi awhalda l ge ten' bolg'an bolsa, onda Freneldin' efir gipotezasın saqlap qalıw ushın onın' da'slepki uzınlıǵı

$$l' = l(1 - v^2/c^2) \quad L6$$

shamasına ten' bolıwı kerek. Ha'zirgi waqıtları biz joqarıdag'ı ten'lemenı v/c ga karata ekinshi ta'rtipli Fitsdjerold-Lorents qısqarıwı dep ataymız. Bul na'tiyjeni tu'sindirgende Lorents molekular aralıq ta'sirlesiw ku'shlerin elektromagnitlik ta'sirlesiw ku'shlerindey bolıp «... efir arqalı ta'sir etedi» ha'm v^2/c^2 ta'rtibindegi qısqarıw ta'rtibin belgili eksperimentallıq na'tiyjeler tiykarında esaplawlardan alıp taslawg'a bolmaydı dep esapladı.

Bul juwmaqlar Fitsdjeroldtın' en' birinshi boljawları menen sa'ykes keledi. Al Fitsdjeroldtın' maqseti efirdi saqlap qalıp, og'an molekularlıq ku'shlerge dinamikalıq ta'sir etiw qa'siyetin beriw edi. Biraq 1892-jılı Lorents Fitsdjeroldtın' sol jumısı haqqında hesh na'rse bilmedi.

1894-jılı gu'zdin' ku'nleri Lorents Fitsdjeroldqa hat jazıp 1893-jılǵ'a Lodjdın' maqalasınan onın' qısqarıw gipotezasın bilgenligin aytadı. Bul xata Lorents usınday juwmaqqa 1892-jılı kelgenligin ha'm og'an su'yeniw ushın Fitsdjeroldın' maqalasının' qay jerde shıqqanlǵın jazıwdı o'tinedi. Bir neshe ku'n o'tkennen keyin Fitsdjerold «Men maqalanı «Science» jurnalına jiberdim, biraq bul maqalanın' basılıp shıqqanlǵın yamasa shıqqanlǵın bilmeymen... Sizin' jumısın ızdın' menin' jumısımnan burın shıqqanlǵına hesh qanday gu'manım joq» dep juwap qaytarg'an. Fitsdjerold o'z xatında Lorentstin' onın' pikiri menen keliskenligine qanaatlǵanlǵın bildirgen. Sebebi onın' pikiri boyınsha usıǵan shekem onın' ideyası u'stinen adamlar «kewilli tu'rde ku'lisken».

Usı momentten baslap Lorents barlaq waqıtta da qısqarıw ideyasına Fitsdjerold penen bir waqıtta bir birinen g'a'rezsiz tu'rde kelgenligin jasırg'an joq. 1895-jılı ol bul gipotezanı Fitsdjerold taqsır usındı, al bul haqqında men keyinirek bildim dep jazg'an. Bul jumıs Lorentstin' o'zinin' atı menen atalatug'ın tu'rlendiriwdi keltirip shıǵarıw boyınsha islegen jumıslarınin' aldı bolıp tabıladı.

1895-jılǵı maqalasında Lorents «sa'ykes hallar teorema» sın islep shıqtı. Magnitlik emes zattın' efirge salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an (x, t) koordinata sistemasına salıstırg'andag'ı tarqalıwın karayıq. E, H ha'm D arqalı sa'ykes elektr, magnit maydanlarınin' kernewliklerin ha'm elektr

polýarizatsiyasın belgileymiz; $\mathbf{D} = \mathbf{E} + \mathbf{P}$, bul an'latpada \mathbf{P} arqalı elektr polýarizatsiyası belgilengen. Birinshi (x, t) koordinatalar sistemasına salıstırǵanda v tezligi menen qozǵ'alatug'ın (x', t') koordinatalar sistemasın qaraymız. Bunday jag'dayda v/c boyınsha birinshi ta'rtpılı ag'zalg'a shekemgi da'llikte birinshi sistemada \mathbf{E}, \mathbf{H} ha'm \mathbf{D} shamaları menen x, t shamaları arasında qanday qatnaslar orın alatug'ın bolsa onda ekinshi sistemada \mathbf{E}', \mathbf{H}' ha'm \mathbf{D}' shamaları menen x', t' shamaları arasında tap sonday qatnaslar orın aladı. Bul jerde

$$x' = x - vt, \quad \text{L7}$$

$$t' = t - \frac{vx}{c^2}, \quad \text{L8}$$

$$\mathbf{E}' = \mathbf{E} + \mathbf{v} \times \frac{\mathbf{H}}{c}, \quad \text{L9}$$

$$\mathbf{H}' = \mathbf{H} - \mathbf{v} \times \frac{\mathbf{E}}{c}, \quad \text{L10}$$

$$\mathbf{P}' = \mathbf{P}. \quad \text{L11}$$

Fogt sıyaqlı Lorents bunday tu'rındırıwlerdi $O(v/c)$ ag'zalarına shekemgi da'llikte Jerde o'tkerilgen optikalıq eksperimentlerdin' Jerdin' qozǵ'alısınan g'a'rezsizligin ko'rsetetug'ın qolaylı matematikalıq usıl dep qaradı. $x' = x - vt$ ten'lemesi menen Lorents burınnan-aq tanıs edi, al $t' = t - \frac{vx}{c^2}$ ten'lemesi og'an og'ada a'hmiyetli bolǵan jan'a terminologıyanın' usınılıwına alıp keldi. Lorents t nı ulıwmalıq waqıt, al t' shamasın jergilikli waqıt dep atawdı usındı. Biraq Lorents ushın tek t shaması haqıyqıy waqıt edi. Bul da'wirde qozǵ'almaytug'ın efirdin' bar ekenligi haqqındag'ı mag'lıwmatlardın' joqlıǵın Lorents ta'repinen tu'sindiriw bazı bir gibridten turdı: ol birinshi ta'rtpılı ag'zalar ushın elektrodinamikanı paydalandı, al ekinshi ta'rtpılı ag'zalar ushın L6 ten'lemesi menen an'latılátug'ın arnawlı gipotezanı usındı.

Onın' 1895-jılǵı maqalasında keltirilgen ja'ne bir jan'alıqtı atap o'temiz. Bul maqalada zaryadı e ge ten' ha'm v tezligi menen qozǵ'alıp baratırǵan ionǵ'a (yamasa noqatlıq elektr zaryadına)

$$\mathbf{K} = e \left(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \frac{\mathbf{H}}{c} \right) \quad \text{L12}$$

ku'shi ta'sir etedi. Bul an'latpadag'a \mathbf{K} Lorents ku'shi bolıp tabıladı (Lorentstin' o'zi bul ku'shti»elektr ku'shi» dep atadı).

1905-jılı Eynshteynge Lorentstin' tek 1895-jılǵa maqalası belgili edi. Solay etip Eynshteyn mınalardı bildi:

1. Lorentstin' Maykelson-Morlilerdin' ta'jiriybelerinin' juwmaqları boyınsha tınıshsızlanıwı;
2. Lorentstin' «birinshi ta'rtpılı» tu'rındırıwleri ($x' = x - vt$ ha'm $t' = t - \frac{vx}{c^2}$ an'latpaları);
3. Birinshi ta'rtpılı ag'zalg'a shekemgi optikalıq baqlawlar haqqındag'ı tastıyıqlawdın' da'lili;
4. Bul da'lillewge qısqarıw gipotezasın qosımsha tu'rde kirgiziw;
5. Lorents ku'shin postulat tu'rinde kirgiziw.

Endi Lorentstin' 1905-jılǵa shekem shıqqan basqa u'sh maqalası haqqında mag'lıwmatlar keltiremiz.

1898-jılı Diusseldorfıta o'zi islegen jumıslar haqqında aytıp bergen. Bul onın' 1895-jılı jazılğ'an maqalaların' reziumesi bolıp tabıladı.

1899-jılı Lorents o'zinin' burıng'ı teoriyasının' a'piwayılaştırılğan variantın usınadı. Bes jıldan keyin ol bul jumısın bılayınsha ta'riplegen: «Ha'r qıylı ta'rtiptegi ag'zaldı esapqa almay-aq bazı bir fundamentallıq boljawlardın' ja'rdeminde ko'pshilik elektromagnit qubılıslarının' sistemanın' qozg'alısınan pu'tkilley g'a'rezsiz ekenligin ko'rsetken maqsetke muwapıq kelgen bolar edi. Bir neshe jıl burın men usınday teoriyanı do'retiwge tırıstım. 1899-jılı ol

$$x' = \varepsilon\gamma(x - vt), \quad \text{L13}$$

$$y' = \varepsilon y, \quad \text{L14}$$

$$z' = \varepsilon z, \quad \text{L15}$$

$$t' = \varepsilon\gamma\left(1 - \frac{vx}{c^2}\right) \quad \text{L16}$$

tu'rlendiriwlerin jazdı. Bul tu'rlendiriwler ε masshtablıq ko'beytiwge shekemgi da'lliktegi L1-L5 Lorents tu'rlendiriwleri bolıp tabıladı.

1904-jılı Lorents L1-L5 tu'rlendiriwlerin jazdı. Elektronın' sırtqı maydandag'ı qozg'alıs ten'lemelerin tu'rlendiriwlerdi qarap shıg'ıwdın' na'tiyjesinde ol ε shamasın 1 ge ten' etip alıw mu'mkin degen juwmaqa keldi. Maksvell-Lorentstin' ten'lemeleri ushın sa'ykes hallar teoremasın (Lorents-kovariantlıq) da'llilewge tırıstı. Tezlikler ushın ten'lemelerdi tu'rlendirgende ol qa'telikke jol qoydı ha'm usının' na'tiyjesinde v/c nın' birinshi ta'rtibinen joqarı ta'rtipleri ushın kovariantlıqtı ala almadı.

Puankare. 1898-jılı Puankare «Waqıttı o'lshew» dep atalatug'ın dıqqatqa turarlıq maqalasın baspadan shıg'ardı. Bul maqalada ol «...waqıttın' eki waqıt aralıg'ının' ten'liginin' tikkeley intuitsiyasına biz iye emespiz. Eger kimde kim usınday intuitsiyag'a iyemen dep oylasa, ol illiuziya menen aldang'an». Bunnan keyin ol «Bir waqıtlıqtın' sapalıq problemasın waqıttı o'lshewdin' sanlıq problemasınan ayırıp alıw og'ada qıyın; bul jag'dayda xronometrdi yamasa alıp beriw tezligin, misaldı jaqtılıqtın' tezligin paydalanıwdın' parqı joq, o'ytkeni waqıttı o'lshemey turıp tezlikti o'tlew mu'mkin emes». Bir waqıtlılıqtın' burıng'ı anıqlamlarının' kemshiliginin' bar ekenligin tallap Puankare «..eki waqıyanın' bir waqıtta bolıwı⁹⁷ yamasa sol waqıyalardıń izbe-izligi massa olardıń birinen son' ekinshisinin' ju'zege keliwi, eki waqıyanın' dawam etiw waqıtlarının' ten'ligi ta'biyiy nızamlardıń formulirovkası mu'mkin bolg'anınsha en' a'piwayı tu'rde bolatug'ın jag'dayg'a sa'ykes anıqlanıwı kerek. Basqa so'z benen aytqanda bul qag'ıydalardıń barlıg'ı da, bul anıqlamalar da ma'nisin tu'sinbey-aq qolaylılıqqa umıtılıwdın' jemisi boladı». Bul qatarlar en' bas programma tu'rinde hawaz shıg'aradı. Jeti jıl o'tkennen keyin bul programma iske astı. Bul maqaladan onın' sol jılları ken' tu'rde talqılanıp ju'rgen waqıt intervalın o'lshewge bag'ıshlang'anlıg'ı ko'rinedi. Puankare bul diskussiyag'a jan'a element qostı – ol bir waqıtlılıq tu'siniginin' mazmunının' ob'ektivligine gu'man tuwdırdı.

1898-jılı Puankare elektrodinamika problemalarına itibar bermedi; elektrodinamika haqqında ol 1900- ha'm 1904-jılları shıqqan eki maqalasında ga'p etti. Bul maqalalar da ha'reket etiw programması sıpatında jazılğ'an edi. Bul maqalalarda oraylıq orın efirge berilgen. Puankare 1900-jılı Parij kongressinin' ashılıwında «Al bizin' efirimiz haqıyqatında bar ma?», - dep soraw qoydı. «Onın' bar ekenligine isenimnin' qaydan payda bolg'anlıg'ı belgili. Alistıg'ı juldızdan jaqtılıqtın' bizge jetip keliwi ushın bir neshe jıl talap etiledi. Usı jıllar ishinde jaqtılıq juldızda da

⁹⁷ «Odnovremennost dvux sobitiy» degen so'zdi «eki waqıyanın' bir waqıtta bolıwı» dep awdaramız.

emes, Jerde de emes, al ekewi arasındag'ı ortalıqta jaylasadı⁹⁸. Demek bazı bir orında degen so'z bazı bir materiallıq alıp ju'riwshi bar dep esaplaw kerek boladı». Puankare Fizo ta'jiriybesinde «...siz efirge barmag'ın'ızdı tiygizgenin'izdey» sezim payda boladı dep atap o'tti. Teoriya ma'selelerinde ol «...bizin' qolımızda barlardin' ha'mmesinen de qanaatlandırarlıg'ı Lorents teoriiyası bolıp tabıladı» dep ko'rsetti. Biraq ol optikalıq qulılıslardin' Jerdin' qozg'alısınan g'a'rezsizliginin' birinshi ha'm ekinshi ta'rtpili ag'zalar'g'a baylanıslı ha'r qıylı tu'rde tu'sindiriletug'ınlg'ın kemshilik dep esapladı. «eki jag'day ushın da bir tu'sindiriw tabıw kerek».

1904-jılı Sent-Luis qarasındag'ı xalıq aralıq iskusstva ha'm ilimler kongressinde shıg'ıp so'ylegeninde ol ja'ne de usı ma'selege programmalıq ruwhta qaytıp keldi. «Efir degenimiz ne, onın' molekulları qalay jaylasqan, olar bir biri menen tartısa ma yamasa iyterise me?» Usının' menen bir qatarda onı absoliut tezlik tu'sinigi tınıshsızlandırdı: «Anaw yamasa mınaw o'lshewdi orınlap biz: bul absoliut tezlik emes, al eger bul efirge salıstır'andag'ı tezlik bolmasa, onda bul tezlik biz ken'islikti toltıra alatug'ın qanday da bir ele belgisiz suyıqlıqqa salıstır'andag'ı tezlik bolıp tabılardı dep aytamız». Bunnan keyin ol jumsaq tu'rde Lorentsti «gipotezalar dım ko'beytip jibergenliginde» ayıplaydı ha'm jergilikli waqıttı fizikalıq kontseptsiya tu'rinde qarap alg'a qaray qa'dem qoyadı. Puankare bir birine salıstır'anda ten' o'lshewli qozg'alatug'ın ha'm jaqtılıq signalları ja'rdeminde o'zlerinin' saatların sinxronlaıtırıwg'a talaplanıp atır'g'an eki basqlawshını qaraydı. Ol «usınday jollar menen du'zetilgen saatlar haqıyqıy waqıttı emes, al jergilikli waqıttı ko'rsetedi» dep juwmaq shıg'ardı. «Ha'r bir baqlawshıg'a basqalarda barlıq qubılıslar a'stelew o'tetug'ınday bolıp ko'rinedi, qala berse bunday a'steleniw barlıq waqıyalar ushın da birdey, - dep ko'rsetedi Puankare, - ha'm ... salıstırmalıq printsipi boyınsha (baqlawshıda) tınıshlıqta yamasa absoliut qozg'alısta ekenligin biletug'ın hesh qanday qural bolmaydı». Puankarege salıstırmalıq teoriyasın do'retiwge tek bir adım atıw g'ana qaldı. Biraq ol bunday adımı atpadı: «Bul, tilekke qarsı, jetkilikli emes, qosımsha gipotezalar za'ru'r, qozg'alıwshı deneler qozg'alıw bag'ıtında bir tekli qısıladı dep esaplaw kerek». Qosımsha gipotezalar dı aytıw salıstırmalıq tooeyasının' ele do'retilmegenligin ko'rsetedi.

O'zinin' shıg'ıp so'ylegen so'zinin' aqırında Puankare aldın-ala ko're alıwshılıqtı ja'ne bir demonstratsiya qıldı: «Mu'mkin ... pu'tkilley jan'a mexanikanı do'retiw kerek bolatug'ın shıg'ar, bul mexanikanın' bar ekenligin biz ha'zir emeski sezemiz, bunday mexanikada jaqtılıqtın' tezligi o'tip ketiwge bolmaytug'ın shek bolıp tabılardı... Biz ele bug'an jete alg'anımız joq...».

Solay etip anıqsızlıq notasında Eynshteynnin' baslamashıları (jol salg'an adamlar) haqqındag'ı a'n'gimeler pitedi. Lorents tu'rlendiriwleri alındı; bir waqıtlılıq tu'siniginin' durıslıg'ına gu'man qoyıldı. Jaqtılıqtın' tezliginin' en' u'lken sheklik tezlik ekenligi haqqındag'ı boljawlar ayıldı. Biraq usı jag'daylarg'a qaramastan 1905-jıl'g'a shekem salıstırmalıq teoriyası do'retilgen joq. Bunnan keyin Puankarenin' Eynshteynnin' baslamashısı emes, al onın' menen bir waqıtta islegen ilimpaz sıpatında ne islegenleri menen tanısıp o'temiz.

Puankare 1905-jılda

Joqarıda qarap o'tilgen u'sh maqala da o'zinin' xarakteri boyınsha sapalıq maqalalar edi. Matematika menen matematikalıq fizika boyınsha o'z da'wirinin' hakiyqıy jolbasshı Puankare

⁹⁸ «Jaylasadı» so'zi jaqtılıq ushın tuwrı kelmeydi. Sebebi ol bir orında turmaydı, al jaqtılıqtın' tezligindey tezlik penen qozg'alısta boladı. Sonlıqtan «jaylasadı» so'zin bul jerde «juldızdan Jerge qaray qozg'alısta boladı» dep tu'siniw kerek.

elektromagnetizmdı mayda-shu'ydesine shekem bildi. 1899-jılı ol optika boyınsha, al 1901-jılı elektromagnetizm teoriyası boyınsha kitapların baspadan shıg'ardı. 1895-jılı Puankare «Maksvell teoriyaları» boyınsha maqalalar seriyasın jariqqa shıg'ardı, al 1897-jıldan 1900-jıl'ğa shekemgi da'wirde Lorents teoriyası boyınsha bir neshe maqala jazdı. Onın' 1905-jılı pitkerilgen eki maqalası da kulminatsiyalıq maqalalar bolıp tabıladı. Eki maqala da «Elektronnıń dinamikası haqqında» dep ataladı. Bul jumislardag'ı «dinamika» so'zi este qalarlıqtay a'hmiyetke iye. Mina xronologiya da este qalarlıqtay: 1905-jılı 5-iiun ku'ni Puankare Parijde İlimler Akademiyasında sol eki maqalanın' birewi boyınsha bayanat isleydi; 1905-jılı 30-iiun ku'ni «Annalen der Physik» jurnalın' redaksiyasına Eynshteynnin' salıstırmalıq teoriyası boyınsha birinshi maqalası kelip tu'sedi; 1905-jıldın' iiul ayında Puankare ekinshi maqalasın jazıwdı tamam qıladı, bul maqala 1906-jılı jariq ko'redi.

Puankarenin' birinshi maqalası mazmunı boyınsha onın' ko'lemi boyınsha u'lken bolg'an ekinshi maqalasın' qıskasha juwmag'ının (reziyumeden) turadı. Onın' bir bo'legi kinematikag'a, bir bo'legi dinamikag'a bag'ıshlang'an. Biz ha'zir kinematikalıq bo'limin tallaymız.

Puankarenin' iiun ayındag'ı maqalası jaqtılıqtın' aberratsiyası ha'm og'an baylanıslı bolg'an effektlerdin', Maykelson ta'jiriybesinin' Jerdin' absoliut qozg'alısı haqqında tuwrıdan-tuwrı mag'lıwmattı bere almaytug'ınlıg'ınan baslanadı. «Ta'jiriybeler o'tkeriw jolı menen Jerdin' absoliut qozg'alısın anıqlawdın' mu'mkin emesligi ko'rinip turg'anınday ta'biyattın' ulıwmalıq nızamı bolıp tabıladı». Bunnan keyin Puankare qıskarıw gipotezası haqqında ja'ne Lorentstin' 1904-jıl'gı maqalasın eske aladı. Puankarenin' pikiri boyınsha bul maqalada Lorentske bul gipotezanı o'zgertiwdin' sa'ti tu'sken: «...bul (gipoteza) absoliut qozg'alıstı anıqlawdın' mu'mkin emesligi menen tolıq sa'ykeslikke keltirilgen». Bunday tastıyıqlaw tolıq durıs emes. Sebebi joqarıda aytıp o'tilgenindey Lorentske Maksvell-Lorentstin' bir tekli emes ten'lemelerinin' kovariantlıg'ın da'lillewdin' sa'ti tu'sken joq. İiul ayında Puankare bul problemag'a qaytadan qaytıp keldi. Biraq iiun ayında tezliklerdi tu'rlendiriwshi durıs an'latpalardı ol bildi, al Lorents bolsa bunı isley almadı.. «Men tek (Lorents ta'repinen berilgen talqılawdın') tu'rin o'zgertiwge ha'm olardı tolıqtırıwǵa umtıldım», - dep atap ayttı Puankare.

Onnan keyin Puankare L13-L16 tu'rlendiriwlerine o'tti ha'm olardı «bizler Lorents tu'rlendiriwleri dep ataymız» dep atap o'tti ha'm «Bul tu'rlendiriwler barlıq ken'isliklik aylanıwlar menen birge topardı (gruppanı) payda etiwı kerek; biraq onın' ushın $\varepsilon = 1$ bolıwı sha'rt; solay etip biz $\varepsilon = 1$ bolıw za'ru'rılgine kelemiz, bul Lorentstin' basqa jollar menen alg'an juwmag'ı bolıp tabıladı».

En' keyinde maqalada tartılıs probleması talqılanadı. Lorentstin' dinamikalıq jaqınlasıwının' izinen ju'rip Puankare ulıwmalıq ha'm abstraktlıq argumentler tiykarında barlıq ku'shler birdey bolıp Lorents tu'rlendiriwlerine bag'ınıwı lazım, demek Niuton nızamların da o'zgertiw kerek ha'm jaqtılıqtın' tezligi menen tarqalatug'ın gravitatsiyalıq tolqınlardıń bar bolıwı sha'rt dep juwmaq shıg'ardı! En' aqırında ol Niuton nızamlarına sa'ykes du'zetiwlér $O\left(\frac{v^2}{c^2}\right)$ ta'rtibinde bolıwı kerek, al astronomiyalıq baqlawlardın' da'lligi bunday effektlerdi registratsiya qılıwǵa mu'mkinshilik beredi dep juwmaq shıg'ardı.

İiul maqalasında Puankare ko'p sandag'ı basqa da ma'selelerdi qaradı. «Lorents tu'rlendiriwleri» dep atalatug'ın birinshi paragrafta elektrodinamikanın' kovariantlıg'ının' tolıq da'lili beriledi: «Bul jerde men Lorents penen birinshi ayırmashılıqtı atap o'temen», - dep jazdı Puankare. 4-paragrafta «biz Lorents gruppası dep ataytug'ın» u'zliksiz Lorents gruppası qarap shıg'ıladı. Joqarıda keltirilgen an'latpalarda nelikten $\varepsilon = 1$ dep qabıl etilgenligin tu'sindiredi. $x' = \varepsilon\gamma(x - vt)$, $y' = \varepsilon y$, $z' = \varepsilon z$, $t' = \varepsilon\gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$, $\gamma = (1 - v^2/c^2)^{-1/2}$ ten'lemelerin tiykarı

etip alıp bul tu'rlendiriwlerdin' aylanıwın (obrameniesin) qaraymız, yag'nıy $v \rightarrow -v$ awmastırıwın qaraymız.

$$\varepsilon(v)\varepsilon(-v) = 1$$

ekenligi tu'sinikli.

y ko'sheri do'gereginde 180° qa burıwdan

$$\varepsilon(v) = \varepsilon(-v)$$

ten'liginin' orınlanatug'inlig'ı kelip shıg'adı. Usının' na'tiyjesinde

$$\varepsilon(v) = 1$$

ekenligine iye bolamız. Bunnan

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$$

shamasının' o'zgermeytug'inlig'ı kelip shıg'adı.

Lorents tu'rlendiriwlerinin' gruppalıq qa'siyetinen kelip shıg'ıp Puankare eki tu'rlendiriwdin' ko'beymesinin' (birinshisi v_1 tezligi, ekinshisi v_2 tezligi) Lorentstin' ja'ne bir tu'rlendiriwine alıp keletug'inlig'in itibarg'a aladı. Bul tu'rlendiriwde tezlik

$$v = \frac{v_1 + v_2}{1 + v_1 v_2 / c^2}$$

tu'rindegi an'latpa ja'rdeminde beriledi. Puankarede basqa birewdin' bunnan bir neshe ha'pte burın Lorents tu'rlendiriwlerinin' gruppalıq qa'siyetin atap aytqanlıg'ı ha'm Lorents tu'rlendiriwlerin tap sonday jollar menen keltirip shıg'arg'anlıg'ı tuwralı a'lbette gu'ma'n bolg'an joq (Biz Eynshteyndi na'zerde tutıp atırmız).

Eynshteyn 1905-jılg'a shekem

Eynshteynnin' do'retiwshilik miynetinin' birinshi da'wirin onın' mektepte oqıg'an waqıtı menen baylanıstırıw kerek. Usı waqıtları ol o'zinshe o'zlik induksiya qubılısın ashtı. A'lbette bul ilimiy ashılıw Eynshteynge tiyisli emes. Efirlik samaldı o'lshew ma'selesinde onda keminde eki ret jan'a eksperimentallıq usıl haqqında pikir payda boldı. Bul ta'jiriybelerdi onın' o'zi islep ko'rmekshi boldı, biraq mug'allimlerin' kelisimi bolmag'anlıqtan yamasa bos waqıttın' bolmawı sebepli bul ta'jiriybelerdi ol isley almadı. Ol efirdin' bar ekenligine 1901-jılg'a shekem isendi. 1895-jıldan 1896-jılg'a shekem Eynshteyn jaqtılıqtı toqtatıwg'a bolmaydı dep esapladı. Ol Maykelson-Morli ta'jiriybesi haqqında bildi, biraq bul ta'jiriybe birinshi ta'rtpılı effektler bolg'an jaqtılıqtın' aberratsiyası ha'm efirdin' alıp ju'riliwi sıyaqlı arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' do'retiliwinde hesh qanday a'hmiyetke iye bolg'an joq. Ol Lorentstin' 1895-jılg'ı Maykelson-Morli ta'jiriybesi tolıq talqılantıwın bildi. Ol Lorents tu'rlendiriwleri menen tanıs emes edi.

Biraq 1905-jılg'a shekem Eynshteyn Puankarenin' 1900-jılg'a Parij qalasındag'ı shıg'ıp so'ylewin bilgen bolıwı kerek. 1905-jılg'a shekem Eynshteyn o'zinin' (Olimpiya Akademiyası» boyınsha dosları menen Puankarenin' ulıwmılıq xarakterge iye bolg'an bir qansha miynetlerin oqıdı: «Bernde bizler K.Gabix ha'm Solovın menen birge kesheler o'tkerip turatug'ın edik. Bul

keshelelerde filosoflardın' shıg'armaların, solardın' ishinde en' baslısı IUmnn' shıg'armaların oqıdıq ha'm talqıladıq. IUmdı, sonın' menen birge Puankareni ha'm Maxtı oqıw menin' rawajlanıwıma anıq ta'sirin tiygizdi» dep jazdı Eynshteyn.

Jan'a kinematika

1905-jıldın' iun ayı: Arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' do'retiliwi ha'm Lorents tu'rleñdiriwlerinin' keltirilip shıg'arılıwı

Salıstırmalıq teoriyasının' estetikalıq tu'birleri. Hawa bolmag'anda sesti esite almag'an bolar edik. Tap sol sıyaqlı sa'ykes alıp ju'riwshi ortalıg'ı bolmasa biz jaqtılıqtı ko're almag'an bolar edik. XIX a'sirde fiziklerdin' derlik ba'ri usınday aqılǵ'a muwapıq keletug'ın pikirge iye edi. Biraq jaqtılıqtın' ta'biyatı tu'sinikli bolg'an sayın alıp ju'riwshi ortalıqtın' (efirdin') qa'siyetleri sheklene basladı. En' sa'tlisi qozgalmaytugın efir tu'sinigi edi. Bul efir arqalı o'zinin' betinde jasawshı adamlar menen Jer u'lken tezlik penen qozg'aladı. Jaqtılıq tolqınların' ko'lden' ekenligi anıqlang'anda efir kvaziserpimli ortalıq dep dag'azalandı.

Arnawlı salıstırmalıq teoriyası efirdi onın' tiykarg'ı mexanikalıq qa'siyeti bolg'an absoliut tınıshlıq qa'siyetinen ayırdı. Usının' menen birge efirdin' absoliut tınıshlıg'ının' keregi bolmay qaldı. 1905-jılı iun ayında redaktsiyag'a tapsırılǵ'an⁹⁹ maqalanın' kirisiw bo'liminde Eynshteyn bılay jazdı: ««jaqtılıq tasıwshı efir» tu'sinigi kerek emes bolıp qaladı. Sebebi usınıp atırg'an teoriyada ayırıqsha qa'siyetlerge iye «absoliut tınıshlıqtag'ı ken'islik» tu'sinigi qollanılmaydı ha'm sonın' menen birge elektromagnit protsessler ju'retug'ın bos ken'isliktin' hesh bir noqatına hesh bir tezlik vektorı jazılmaydı». Arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' do'retiliwi elektromagnetizmdı tu'sindiriw ushın kerekli bolg'an mexanikalıq kartinadan bas tartıwg'a alıp keldi. Usının' menen birge absoliut tınıshlıqta turg'an ayırıp aling'an birden-bir esaplaw sistemasının' keregi bolmay qaladı. Onın' ornın inertsiyalı bolg'an sheksiz ko'p sanlı ayırıp aling'an sistemalar iyeleydi. Anıqlaması boyınsha olardıń qa'legen ekewi bir birine salıstırg'anda tuwrı sıızılıq ten' o'lsheuli qozg'alıs halında boladı. Salıstırmalı qozg'alıstın' ayırıqsha tu'ri bolg'an ten' o'lsheuli tuwrı sıızılıq qozg'alıstı usınday etip bo'lip alıw salıstırmalıq teoriyasına arnawlı salıstırmalıq teoriyası qıladı.

1905-jılı ba'ha'rde arnawlı salıstırmalıq teoriyası boyınsha jumısların pitkermesten burın Eynshteyn o'zinin' dostı Konrad Gabixke jazg'an xatında bılay dedi: «To'rtinshi jumıs (yag'nıy Eynshteyn ta'repinen 1905-jılı baspadan shıg'arılǵ'an to'rtinshi maqala) ele tolıq pitken joq. Bul jumısta qozg'alıwshı denelerdin' elektrodinamikası haqqında ga'p etiledi ha'm ken'islik penen waqıt haqqındag'ı da'stu'rlerge aylang'an ko'z-qaraslar bar qansha o'zgeredi. Seni onın' kinematikalıq bo'limi so'zsiz qızıqtıradı». Eynshteynnin' dostının' na'zerin kinematikag'a awlarga'anlıg'ı tan' qalarlıq emes. Tutası menen alg'anda sol maqala kirisiwden, kinematika boyınsha bes bo'limnen, dinamika boyınsha bes bo'limnen turadı; bul jumısta ssılkalar pu'tkilley joq, tek bir alg'ıs aytıw orın alg'an. Kinematikalıq bo'limde arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' postulatlardı keltirilgen. Biz maqalanın' karaqalpaq tilindegi variantın tolıg'ı menen keltiremiz:

A.Eynshteyn

QOZG'ALIWSHI DENELER ELEKTRODİNAMİKASINA

Maksvell elektrodinamikasının' o'zinin' ha'zirgi zaman tu'rinde qozg'alıwshı deneler ushın qollanılǵ'anda usı qubılıslar ushın ta'n bolmag'an asimmetriyag'a alıp keletug'inlıg'ı belgili.

⁹⁹ Zur Elektrodynamik der lewegter Korper. Ann. Phye., 1905, 17, 891-921.

Mısal ushın magnit penen toq o'tip turg'an o'tkizgish arasındag'ı elektrodinamikalıq ta'sirlesiwdi eske tu'siremis. Bul qubılıs o'tkizgish penen magnittin' salıstırmalı qozg'alısınan g'ana g'a'rezli. Al a'dettegi ko'z-qaraslar boyınsha bul denelerdin' birinshisi yamasa ekinshisi qozg'alatug'in eki jag'day bir birinen qatan' tu'rde sheklengen bolıp shıg'adı. Haqıyqatında da, eger magnit qozg'alatug'in ha'm o'tkizgish tınıshlıqta turatug'in bolsa, onda magnittin' a'tirapında bazı bir energiya mug'darına iye elektr maydanı payda boladı ha'm bul maydan o'tkizgishtin' bo'limleri turg'an orınlarda toq payda etedi. Eger magnit tınıshlıqta tursa ha'm o'tkizgish qozg'alatug'in bolsa, onda magnittin' do'gereginde hesh qanday elektr maydanı payda bolmaydı; biraq usıg'an qaramastan o'tkizgishte elektr qozg'awshı ku'sh payda boladı. Bul elektr qozg'awshı ku'shke hesh qanday energiya sa'ykes kelmeydi. Biraq bul energiya bizdi qızıqtıratug'in eki jag'daydı da birdey dep esaplag'anda birinshi jag'daydag'ıday sonday shamadag'ı ha'm sonday bag'ıttag'ı elektr tog'ının' payda bolıwına alıp keledi.

Usıg'an usag'an mısallar ha'm Jerdin' «jaqtılıq ortalıg'ına» salıstırg'andag'ı tezligin anıqlawg'a qaratılğ'an sa'tsiz tırıslar tek mexanikada emes, al elektrodinamikada da qubılıslardıń hesh bir qa'siyeti absoliut tınıshlıq tu'sinigine sa'ykes kelmeydi dep boljawg'a alıp keledi. Qala berse (birinshi da'rejeli shamalar ushın da'lillengenligindey) mexanikanın' ten'lemeleri durıs bolatug'in barlıq koordinatalar sistemaları ushın elektrodinamikalıq ha'm optikalıq nızamlar da durıs boladı. Bul boljawdı (onın' mazmunın biz bunnan bılay «salıstırmalıq printsipi» dep ataymız) biz tiykarg'a aylandırmaqshımız ha'm bunnan basqa usıg'an qosımsha birinshi qarag'anda qarama-qarsılıqqa iye bolıp ko'rinetug'in ja'ne bir boljaw, atap aytqanda jaqtılıq boslıqta onı nurlandıratug'in denenin' qozg'alıs halınan g'a'rezsiz barlıq waqıtta da belgili bir V tezligi menen tarqaladı dep boljaymız. Bul eki tiykar tınıshlıqta turg'an deneler ushın Maksvell teoriyasın tiykarına qoyıw arqalı qozg'alıwshı deneler ushın qarama-qarsılıqlarg'a iye emes elektrodinamikani du'ziw ushın jetkilikli. Bunday jag'dayda «jaqtılıq tasıwshı efir» tu'sinigi kerek emes bolıp qaladı. Sebebi usınılıp atırg'an teoriyada ayrıqsha qa'siyetlerge iye «absoliut tınıshlıqtag'ı ken'islik» tu'sinigi qollanılmaydı ha'm sonın' menen birge elektromagnit protsessler ju'retug'in bos ken'isliktin' hesh bir noqatına hesh bir tezlik vektorı jazılmaydı.

Rawajlandırılıp atırg'an teoriya qa'legen basqa elektrodinamika sıyaqlı qattı denelerdin' kinematikasına tiykarlang'an. Sebebi qa'legen teoriyanın' talqılawları qattı deneler (koordinatalar sistemaları), saatlar ha'm elektromagnit protsessler arasındag'ı qatnaslardı qamtıydı. Bul jag'daydı jetkiliksiz tu'siniw qozg'alıwshı deneler elektrodinamikası basıp o'tiwi kerek bolğ'an qıyınshılıqlardıń en' tiykarın quraydı.

I. KİNEMATİKALIQ BO'LİM

§ 1. Bir waqıtlılıqtın' anıqlaması

Meyli Niuton mexanikası orınlanatug'in koordinata sisteması bar bolsın. Bul koordinatalar sistemasın keyinirek kirgiziletug'in koordinatalar sistemasınan ayırıw ha'm da'l terminologiyanı payda etiw ushın «tınıshlıqta turg'an» sistema dep ataymız. Eger bazı bir materiallıq noqat usı koordinatalar sistemasında tınıshlıqta turg'an bolsa, onda usı noqattın' koordinatalar sistemasına salıstırg'andag'ı ornı Evklid geometriyası usılları menen qattı masshtablardıń ja'rdeminde anıqlanıp, Dekart koordinatalarında an'latılıwı mu'mkin.

Qanday da bir materiallıq noqattın' qozg'alısın ta'riplegimiz kelse, biz onın' koordinataların waqtın' funktsiyası sıpatında beremiz. Bunday jag'daylarda matematikalıq ta'riplew tek «waqt» dep neni tu'siniletug'inlig'in anıqlap alg'anda g'ana fizikalıq ma'niske iye bolatug'inlig'in na'zerde tutıw kerek boladı. Biz waqt qanday da bir orındı iyeleytug'in talqılawlarımızdın' tek biz waqıtta o'tetug'in qubılıslardıń talqılanıwları ekenligine diqqat qoyıwımız kerek. Eger men «Poezd usı jerge saat 7 de keledi» desem, onda bul ga'p shama

menen «Menin' saatımnın' kishi strelkasının' 7 ni ko'rsetiwi menen poezddin' keliwi bir waqıtta bolatug'ın qubılıslar» degen ma'nisti bildiredi¹⁰⁰.

«Waqıt» tı anıqlag'andag'ı barlıq qıyınshılıqlar «waqıt» degen so'zdin' ornına men «menin' saatımnın' kishi strelkasının' awhalı» degen so'zdi qollang'anda joq bolatug'ınday bolıp ko'rinedi. Usınday anıqlama haqıyqatında saat jaylasqan orın ushın waqıttı anıqlag'an jag'dayda g'ana jetkilikli. Eger a'n'gime ha'r qıylı orınlardag'ı waqıyalar qatarın bir biri menen waqıt boyınsha baylanıstırıw xaqqında ju'rse (bul saattan qashıq bolg'an orınlardag'ı waqıyalar ushın waqıttı anıqlawg'a alıp keledi) bul anıqlama jetkilikli emes.

Waqıyaların' bolıp o'tken waqıtın anıqlag'ımız kelse biz qolında saatı bar bazı bir baqlawshını koordinata basına otırg'ızıp, onın' saatının' ko'rsetiwlerin boslıq arqalı baqlawshıg'a jetip keliwshi ha'm esapqa alinatug'ın waqıyanı bizge bildiriwshi jaqtılıq signalı menen salıstırıwımız ha'm usının' menen qanaatlanıwımız kerek. Biraq usınday etip salıstırıw ta'jiriybelerden belgili bazı bir qolaysızlıqlarg'a alıp keledi. Sebebi esapqa aling'an waqıt qolında saatı bar baqlawshının' turg'an ornına g'a'rezli bolıp shıg'adı. Kelesi talqılawlardıń ja'rdeminde biz waqıttı anıqlawdag'ı a'meliy jaqtan qolaylı bolg'an usılǵa kelemiz.

Eger ken'isliktin' A noqatına saat ornalastrılǵan bolsa, onda usı A noqatındag'ı baqlawshı A noqatına jaqın jaylasqan noqatlardag'ı waqıyaların' bolg'anlıǵın sol waqıyaların' ju'z bergenligin saat tilinin' iyelegen orınları menen salıstırıw usılı menen anıqlaydı. Eger ken'isliktin' basqa bir B noqatında da saat ornalastrılǵan bolsa (biz A noqatındag'ıday saat ekenligin qosamız), onda B noqatına tikkeley jaqın orınlardag'ı waqıyaların' qashan bolg'anlıǵın B noqatındag'ı baqlawshı ta'repinen anıqlanıwı mu'mkin. Biraq biz bunnan keyin qollanatug'ın boljawsız A dag'ı qanday da bir waqıyanı B dag'ı waqıya menen salıstıra almaymız. Sebebi biz ha'zirshe tek «A-waqıtı» menen «B-waqıtı»n anıqladıq, al sol A ha'm B ushın ulıwmalıq bolg'an waqıttı anıqlag'anımız joq. Bul na'rseni anıqlaw ushın biz A dan B g'a shekem jaqtılıqtın' ju'rip o'tiwi ushın za'ru'r bolg'an *waqıttı anıqlap* alıwımız kerek. Meyli «A-waqıtı» boyınsha t_A momentinde jaqtılıq A dan B g'a qaray shıg'atug'ın bolsın. Bunnan keyin «B-waqıtı» boyınsha t_B waqıt momentinde B dan A g'a qaray shag'ılısadı ha'm A g'a keyin qaray «A-waqıtı» boyınsha t_A waqıt momentinde qaytıp keledi. Anıqlama boyınsha eger

$$t_B - t_A = t_A' - t_B$$

sha'rti orınlansa A ha'm B noqatlarındag'ı saatlar sinxronlı ju'redi.

Sinxronlıqtın' bul anıqlamasın qarama-qarsılıqsız, qala berse qa'legenishe ko'p noqatlar beriwge boladı dep esaplaymız ha'm usıg'an baylanıslı to'mendegi tastıyıqlawlar durıs boladı:

1) eger B dag'ı saat A dag'ı saat penen sinxronlı ju'retug'ın bolsa, onda A dag'ı saat B dag'ı saat penen sinxron tu'rde ju'redi.

2) eger A dag'ı saat B dag'ı saat penen de, C dag'ı saat penen de sinxronlı ju'retug'ın bolsa, onda B menen C dag'ı saatlar da bir birine salıstırg'anda sinxronlı ju'redi.

Solay etip qıyalımızda o'tkerilgen bazı bir fizikalıq eksperimentti paydalanıp biz ha'r qıylı orınlarda sinxron ju'retug'ın saatlardı tu'sindik ha'm sonın' sebebinen «bir waqıtlılıq» ha'm (waqıt) tu'siniklerine anıqlama beriwge jetistik. Waqıyanın' «waqıt» 1 – bul usı waqıya bolıp

¹⁰⁰ SHama menen bir jerde bolıp o'tetug'ın eki waqıyanın' bir waqıtta bolatug'ınlıǵın'ın da'lligi talqılanbaydı. Sonın' menen birge bir waqıtlılıq bazı bir abstraktsiya ja'rdeminde de tu'sindiriliwi mu'mkin.

o'tken orinda tinishliqta turg'an ha'm basqa da tinishliqta turg'an tap sonday saatlar menen sinxron ju'retug'in saattin' ko'rsetiwi menen bir keletug'in waqit.

Ta'jiriybege baylanisli

$$\frac{2\overline{AB}}{t_A' - t_A} = V$$

shaması universal shama bolıp tabıladı (boshliqtag'ı jaqtılıqtın' tezligi).

Biz joqarida ga'p etken jag'daylarda waqitni tinishliqta turg'an sistemalardag'ı tinishliqta turg'an saatlar ja'rdeminde aniqlag'anımız u'lken a'hmiyetke iye. Usınday tinishliqta turg'an sistemag'a tiyisli waqitni biz «tinishliqta turg'an sistemanın' waqiti» dep ataymız.

§ 2. Uzunlıqlar menen waqit aralıqlarının' salıstırmalıg'ı haqqında

Bunnan keyingi pikirlerdin' barlıg'ı da salıstırmalıq printsipine ha'm jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlılıg'ı printsipine su'yenedi. Usı eki printsipti biz bılayınsha qa'liplestiremiz:

1. Fizikalıq sistemalardın' hallarının' o'zgeriw nızamları bul o'zgeriwlerdin' eki koordinatalar sistemalarının' bir birine salıstırğ'anda tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lshewli qozg'alatug'inlig'inan g'a'rezli emes.
2. «Tinishliqta» turg'an koordinatalar sistemasındag'ı jaqtılıqtın' ha'r bir nurı bul jaqtılıqtın' tinishliqtag'ı yamasa qozg'alıstıg'ı derekten shıqqanlıg'inan g'a'rezsiz anıq bir V tezligi menen tarqaladı.

Usının' menen birge

$$\text{Tezlik} = \frac{\text{Jaqtılıq nurının' o'tken jolı}}{\text{Waqit aralıg'ı}}$$

«Waqit aralıg'ı» tu'sinigi 1-paragrafta berilgen aniqlamag'a sa'ykes keledi.

Meyli bizge qattı sterjen berilgen bolıp, onın' tinishliqta turg'andag'ı masshtabtag'ı uzınlıg'ı l bolsın. Ko'sheri tinishliqta turg'an koordinata sistemasının' X ko'sheri bag'ıtına sa'ykes keliwshi sterjenge ten' o'lshewli ha'm X ko'sherinin' on' bag'ıtında v tezligi menen qozg'alıs berilsin. Endi *qozg'alıwshı sterjennin'* uzınlıg'ı haqqındag'ı ma'seleni qoyamız. Onın' uzınlıg'ı to'mendegidey eki operatsiyanın' ja'rdeminde aniqlang'an dep esaplaymız:

a) baqlawshı ko'rsetilgen masshtab ja'ne o'lsheuiwshi sterjen menen birge qozg'aladı ha'm sterjennin' uzınlıg'ın masshtabtı qoyıw menen sterjennin' uzınlıg'ın o'lsheydi (o'lsheuiwshi sterjen de, baqlawshı da, masshtab ta tinishliqta turg'anday bolıp);

b) baqlawshı 1-paragraftag'ı aytilg'anlarg'a sa'ykes tinishliqta turg'an sistemada t waqit momentinde o'lsheuiwshi sterjennin' bası menen aqırına sinxron ha'm tinishliqta turg'an saatlardı qoyıp shıg'adı. Joqarida qollanılg'an, biraq tinishliqta turg'an masshtab penen o'lsheuilgen usı eki noqat aralıg'ındag'ı qashıqlıq «sterjennin' uzınlıg'ı» dep belgilengen uzınlıq bolıp tabıladı.

Salıstırmalıq printsipi boyınsha «a» operatsiyası ja'rdeminde anıqlang'an uzınlıq (bul uzınlıqtı biz «qozg'alıwshı sistemadag'ı sterjennin' uzınlıg'ı» dep ataymız) tınıshlıqta turg'an sterjennin' uzınlıg'ı l ge ten' bolıwı kerek.

«b» operatsiyası ja'rdeminde anıqlang'an uzınlıqtı «qozg'alıwshı sterjennin' tınıshlıqtag'ı sistemadag'ı uzınlıg'ı» dep ataymız ha'm biz onı bizin' eki printsipimizge tiykarlanıp anıqlaymız ja'ne onın' shamasının' l ge ten' emes ekenligin tabamız.

A'dette qollanılatug'ın kinematikada joqarıda esletilip o'tilgen eki operatsiya ja'rdeminde anıqlang'an uzınlıqlar bir birine ten' dep qabıl etiledi. Basqa so'z benen aytqanda t waqıt momentindegi qozg'alıwshı dene geometriyalıq jaqtan belgili bir awhalda tınısh turg'an sol dene menen tolıq almastırılıwı mu'mkin.

Endi sterjennin' eki ushına (A ha'm B) tınıshlıqta turg'an sistemanın' saatları menen sinxron tu'rde ju'retug'ın eki saat ornatılğ'an bolğ'an jag'daydı ko'z aldımızg'a elesleteyik (yag'nıy olardıń ko'rsetiwleri «tınıshlıqtag'ı sistemanın' waqıtı» na sa'ykes keledi, demek bul saatlar «tınıshlıqta turg'an sistemada sinxronlı»).

Endi ha'r bir saattın' qasında usı saatlar menen birge qosılıp qozg'alatug'ın baqlawshılardıń otırg'anlıg'ın ko'z aldımızg'a keltireyik. Bul baqlawshılar eki saatqa 1-paragrafta anıqlang'an eki saattın' sinxronlıg'ı kriteriyn qollansın. Meyli t_A waqıt momentinde A dan B g'a qaray jaqtılıq nurı shıqsın ha'm B da t_B momentinde shag'ilıssın ha'm A noqatına t_A' waqıt momentinde qayıtp kelsin¹⁰¹. Jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlılıg'ı printsipin dıqqatqa alıp mınalardı alamız:

$$t_B - t_A = \frac{r_{AB}}{V - v} \text{ ha'm } t_A' - t_B = \frac{r_{AB}}{V + v}.$$

Bul an'latpada r_{AB} arqalı tınıshlıqta turg'an sistemadag'ı sterjettin' uzınlıg'ı belgilengen. Solay etip sterjen menen birge qozg'alatug'ın baqlawshılar A ha'm B noqatlarında saatlardın' sinxronlı tu'rde ju'rmeytug'ınlig'ın tabadı, al tınıshlıqta turg'an sistemada turg'an baqlawshılar bul saatlardı sinxronlı dep dag'azalaydı.

Solay etip biz bir waqıtlılıq tu'sinigine absoliut ma'nis beriwdin' keregi joq ekenligine ko'z jetkeremiz. Bir koordinatalar sistemasında turıp baqlag'anda bir waqıtta ju'zege keletug'ın eki waqıya usı sistemag'a salıstırg'anda qozg'alatug'ın sistemadan turıp qarag'anda bir waqıtta ju'zege kelmeydi.

§ 3. Koordinatalar menen waqıttı tınıshlıqta turg'an sistemadan usı sistemag'a salıstırg'anda tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lshewli qozg'alıwshı sistemag'a tu'rlendiriw teoriyası

Meyli tınıshlıqta turg'an ken'islikte ha'r qaysısı eki o'z ara perpendikulyar ko'sherlerge iye bir noqattan shıg'atug'ın eki koordinata sisteması berilgen bolsın. Eki koordinatalar sistemalarınin' X ko'sherlerin bir birine sa'ykes keletug'ın, al Y ha'm Z ko'sherlerin bir birine parallel etip alayıq. Usının' menen bir qatarda ha'r bir sistema masshtabqa ha'm bazı bir dana saatqa iye bolsın. Sonday-aq eki sistemadag'ı masshtablar ha'm saatlardın' barlıg'ı da d'ı birdey bolsın.

¹⁰¹ Bul jerde waqıt «tınıshlıqta turg'an sistemanın' waqıtı» degendi ha'm sonın' menen birge «ga'p bolıp atırg'an orındag'ı qozg'alıwshı saattın' strelkasının' awhalı» degendi an'latadı.

Meyli endi sistemalardın' birewinin' (k) koordinata basına tınıshlıqta turg'an sistemanın' (K) x ko'sherinin' o'siw bag'ıtına qaray bag'ıtlang'an (turaqlı) tezlik berilsin; bul tezlik koordinata ko'sherlerine de, sa'ykes masshtablar menen saatlarg'a da beriledi. Bunday jag'dayda tınıshlıqta turg'an sistemanın' (K) ha'r bir t waqıt momentine barlıq qozg'alıwshı sistemanın' ko'sherlerinin' anıq bir awhalı sa'ykes keledi ha'm biz simmetriya ko'z-qarasınan k sistemasının' qozg'alısında qozg'alıwshı sistemanın' ko'sherleri tınıshlıqta turg'an sistemanın' ko'sherlerine parallel bolıp qaladı dep esaplaymız (t arqalı tınıshlıqta turg'an sistemanın' waqıtı belgilenedi).

Endi tınıshlıqta turg'an K sistemasında ken'islik usı sistemada tınısh turg'an masshtab penen, al qozg'alıwshı k sistemasında usı sistema menen qozg'alıwshı masshtab penen belgilengen bolsın. Solay etip x, y, z ha'm sog'an sa'ykes ξ , η , ζ koordinataları alıng'an bolsın. Meyli tınıshlıqta turg'an sistemadag'ı tınıshlıqta turg'an saatlar ja'rdeminde ha'm 1-paragrafta ko'rsetilgen usıl menen tınıshlıqta turg'an sistemanın' saatlar turg'an barlıq noqatlarındag'ı waqıt t anıqlansın. Meyli tap usınday jollar menen qozg'alıwshı sistemadag'ı usı sistema menen birge qozg'alıwshı saatlar ja'rdeminde 1-paragrafta ko'rsetilgendey usıl menen waqıt τ anıqlansın.

Tınıshlıqta turg'an sistemadag'ı waqıyanın' ornı menen waqıtın tolıq anıqlaytug'ın x, y, z, t shamaların' ma'nislerine k sistemasındag'ı usı waqıyanı ta'ripleytug'ın ξ , η , ζ , τ shamaların' ma'nisleri sa'ykes keledi. Sonlıqtan endi sol shamalardı baylanıstıratug'ın ten'lemelerdi tabıw kerek boladı.

Ken'islik penen waqıtqa bir tekliklik berilgenlikten bul ten'lemelerdin' *sızıqlı* bolıwı kerek ekenligi tu'sinikli.

Eger biz $x' = x - vt$ dep alsaq, onda k sistemasındag'ı tınısh turg'an noqatqa waqıttan g'a'rezsiz bolg'an x', y, z shamaların' jıynag'ı sa'ykes keledi. Da'slep biz τ dı x', y, z, t shamaların' funktsiyası sıpatında anıqlaymız. Bunday maqsette τ dın' o'zinin' ma'nisi boyınsha 1-paragrafta keltirilgen qa'dege sa'ykes sinxron ju'retug'ın k sistemasındag'ı tınıshlıqta turg'an saatlardın' ko'rsetiwlerinin' jıynag'ı ekenligin biz bazı bir qatnaslardın' ja'rdeminde ko'rsetiwimiz kerek.

Meyli k sistemasının' koordinata basınan τ_0 waqıt momentinde X ko'sherinin' bag'ıtında x' noqatına jaqtılıq nurı jiberiletug'ın ha'm sol nur τ_1 waqıt momentinde keyin koordinata basına qaray shag'ılısatug'ın, al koordinata basına bolsa τ_2 waqıt momentinde kelip jetetug'ın bolsın. Bunday jag'dayda

$$\frac{1}{2}(\tau_0 - \tau_2) = \tau_1$$

qatnasının' orın alıwı kerek yamasa τ funktsiyasının' argumetnlerin jazıp ha'm jaqtılıq tezliginin' turaqlılıq printsipin qollanıp mınag'an iye bolamız:

$$\frac{1}{2} \left[\tau_0(0,0,0,t) + \tau_2 \left(0,0,0, \left\{ t + \frac{x'}{V-v} + \frac{x'}{V+v} \right\} \right) \right] = \tau_1 \left(x', 0,0, t + \frac{x'}{V-v} \right)$$

Eger x' tı sheksiz kishi etip alsaq, onda bunnan mına na'rse kelip shıg'adı:

$$\frac{1}{2} \left(\frac{1}{V-v} + \frac{1}{V+v} \right) \frac{\partial \tau}{\partial t} = \frac{\partial \tau}{\partial x'} + \frac{1}{V-v} \frac{\partial \tau}{\partial t}$$

yamasa

$$\frac{\partial \tau}{\partial x'} + \frac{v}{V^2 - v^2} \frac{\partial \tau}{\partial t} = 0.$$

Biz jaqtılıq shıqqan noqat retinde koordinata basınan basqa qa'legen noqattı alıwımızdın' mu'mkin ekenligin atap o'tiwimiz za'ru'r. Sonlıqtan ha'zir g'ana aling'an ten'leme x' , y , z lerdin' barlıq ma'nisleri ushın durıs boladı.

Tınıshlıqta turg'an sistemada turıp baqlag'anda jaqtılıqtın' Y ha'm Z ko'sherleri bag'ıtında barlıq waqıtta da $\sqrt{V^2 - v^2}$ tezligi menen tarqalatug'ınlıg'ın itibarg'a alsaq, onda usı ko'sherlerge qollanılğ'an tap sonday talqılawlar mınanı beredi:

$$\frac{\partial \tau}{\partial y} = 0,$$

$$\frac{\partial \tau}{\partial z} = 0.$$

τ sıziqlı funksiya bolğ'anlıqtan usı ten'lemelerden mına jag'day kelip shıg'adı:

$$\tau = a \left(t - \frac{v}{V^2 - v^2} x' \right).$$

Bul an'latpadag'ı a shaması $\varphi(v)$ din' ha'zirshe belgisiz funktsiyası. Qısqalıq ushın k sistemasının' basında $\tau = 0$ de $t = 0$ dep qabil etilgen.

Usı na'tiyjeni paydalanıp ξ , η , ζ shamaların an'sat tabıwg'a boladı. Usınday maqset penen (usını jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlılıg'ı printsipi salıstırmalıq printsipi menen birgelikte talap etedi) jaqtılıqtın' qozğ'alıwshı sistemada o'lshegende de V tezligi menen qozğ'alatug'ınlıg'ının ten'lemeler ja'rdeminde an'latıw kerek. $\tau = 0$ waqıt momentinde ξ din' o'siw bag'ıtında shıqqan jaqtılıq nurı ushın mınag'an iye bolamız

$$\xi = V\tau$$

yamasa

$$\xi = aV \left(t - \frac{v}{V^2 - v^2} x' \right).$$

Biraq tınıshlıqta turg'an koordinata sistemasında turıp o'lshegende k sistemasının' koordinata basına salıstırg'andag'ı tezlik $V - v$ tezligi menen qozğ'aladı. Usının' saldarınan

$$\frac{x'}{V - v} = t.$$

t nın' bul ma'nisin ξ ushın jazılğ'an ten'lemege qoysaq, mınanı alamız:

$$\xi = a \frac{V^2}{V^2 - v^2} x'.$$

Basqa ko'sherler bag'itında qozg'alatug'ın nurlardı qarap to'mendegini tabamız:

$$\eta = V\tau = a V \left(t - \frac{v}{V^2 - v^2} x' \right)$$

Qala berse

$$\frac{y}{\sqrt{V^2 - v^2}} = t, \quad x' = 0,$$

demek

$$\eta = a \frac{V}{\sqrt{V^2 - v^2}} y$$

ha'm

$$\zeta = a \frac{V}{\sqrt{V^2 - v^2}} z.$$

x' tın' ornına onın' ma'nisin qoysaq

$$\begin{aligned} \tau &= \varphi(v) \beta \left(t - \frac{v}{V^2} x \right) \\ \xi &= \varphi(v) \beta (x - vt), \\ \eta &= \varphi(v) y, \\ \zeta &= \varphi(v) z. \end{aligned}$$

Bul an'latpalardıń barlıg'ında da

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}.$$

Bul jerde φ arqalı v nın' ha'zirshe belgisiz funktsiyası belgilengen.

Eger qozg'alıwshı sistemanın' baslang'ısh awhalı ha'm τ o'zgeriwshisinin' nollik noqatı haqqında hesh qanday boljawlar qabıl etilmese, onda bul ten'lemelerdin' on' ta'replerine bir birden additiv turaqlı qosıw kerek boladı.

Endi bizler jaqtılıqtın' ha'r bir nurının' qozg'alıwshı sistemada o'lshengende V tezligi menen tarqalatug'ınlıg'ın ko'rsetiwimiz kerek (bizin' boljawımızg'a sa'ykes tınıshlıqta turg'an sistemada bul tastıyıqlaw durıs bolatug'ın bolsa). Sonın' menen birge jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlılıq printsiplı salıstırmalıq printsiplı menen u'ylesetug'ınlıg'ın biz ele da'lillegenimiz joq.

Meyli $t = \tau = 0$ waqıt momentinde usı momentte eki sistema ushın ulıwmalıq bolg'an koordinata basınan sferalıq tolqın tarqalatug'ın ha'm bul tolqın K sistemasında V tezligi menen tarqalatug'ın bolsın. Eger usı tolqın keletug'ın noqat (x, y, z) bolsa, onda biz

$$x^2 + y^2 + z^2 = V^2 t^2$$

an'latpasına iye bolamız.

Joqarıda jazılğ'an tu'rlendiriw formulaları ja'rdeminde bul ten'lemeni tu'rlendiremiz ha'm sonın' na'tijesinde alamız

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 = V^2 \tau^2.$$

Solay etip qozg'alıwshı sistemada baqlanatug'ın biz qarap atırg'an tolqın V tezligi menen tarqalatug'ın shar ta'rizli tolqın bolıp tabıladı eken. Usının' menen bizin' eki printsipimizdin' bir birine u'ylesetug'ınlıg'ı da'lillenedi.

Keltirilip shıg'arılğ'an tu'rlendiriw formulaları belgisiz bolg'an v nın' φ funktsiyasına iye. Bul funktsiyanı endi anıqlaymız.

Usı maqsette k sistemasına salıstırg'anda Ξ bag'ıtında ilgerilemeli qozg'alatug'ın ja'ne bir, u'shinshi K' koordinata sistemasın kirgizemiz. Onın' koordinata bası v tezligi menen Ξ bag'ıtında qozgalatug'ın bolsın. Meyli $t = 0$ waqıt momentinde u'sh koordinata sistemasının' koordinata basları bir noqatta jaylasqan bolsın. Sonın' menen birge $t = x = y = z = 0$ bolg'anda K' sistemasındag'ı waqıt t' nolge ten' bolsın. Meyli x', y', z' lar K' sistemasındag'ı koordinatalar bolsın.

Bizin' tu'rlendiriw formulamızdı eki ret qollang'annan keyin

$$\begin{aligned} t' &= \varphi(-v)\beta(-v)\left\{\tau + \frac{v}{V^2}\xi\right\} = \varphi(v)\varphi(-v)t, \\ x' &= \varphi(-v)\beta(-v)\{\xi + v\tau\} = \varphi(v)\varphi(-v)x, \\ y' &= \varphi(-v)\eta = \varphi(v)\varphi(-v)y, \\ z' &= \varphi(-v)\zeta = \varphi(v)\varphi(-v)z \end{aligned}$$

an'latpaların alamız.

x', y', z' ler menen x, y, z arasındag'ı qatnaslar waqıt t nı o'z ishine qamtımaytug'ın bolg'anlıqtan K menen K' sistemaların' bir birine salıstırg'anda tınıshlıqta turadı. Bunnan K dan K' ke bolg'an tu'rlendiriwdin' birdey (tojdestvenniy) tu'rlendiriw ekenligi anıq boladı. Demek

$$\varphi(v)\varphi(-v) = 1.$$

Endi $\varphi(v)$ funktsiyasının' fizikalıq ma'nisin anıqlaymız. Bunın' ushın $\xi = 0, \eta = 0, \zeta = 0$ ha'm $\xi = 0, \eta = 1, \zeta = 0$ noqatları arasındag'ı k sistemasının' H ko'sherinin' bo'limin qaraymız. H ko'sherinin' bul bo'limi K sistemasına salıstırg'anda v tezligi menen qozg'alatug'ın sterjen bolıp tabıladı. K sistemasında bul sterjennin' ushları mınaday koordinatalarg'a iye:

$$x_1 = vt, \quad y_1 = \frac{1}{\varphi(v)}, \quad z_1 = 0$$

ha'm

$$x_2 = vt, \quad y_2 = 0, \quad z_2 = 0.$$

Solay etip K sistemasında o'lishengen sterjennin' uzunlig'ı $1/\varphi(v)$ g'a ten' boladı eken. Usının' menen birge $\varphi(v)$ funktsiyasının' fizikalıq ma'nisi de anıq boladı. Haqıyqatında da simmetriya ko'z-qarasınan tınıshlıqta turg'an sistemada o'lishengen o'zinin' ko'sherine perpendikulyar bag'ıtta qozg'alıwshı bazı bir sterjennin' uzunlig'ı tek tezliktin' shamasınan g'ana g'a'rezli bolıp, onın' bag'ıtı menen belgisinen g'a'rezli emes. Demek v nı $-v$ g'a aylandırısaq tınıshlıqtag'ı sistemada o'lishengen qozg'alıwshı sterjennin' uzunlig'ı o'zgermeydi. Bunnan

$$\frac{1}{\varphi(v)} = \frac{1}{\varphi(-v)}$$

yamasa

$$\varphi(v) = -\varphi(v)$$

ekenligi kelip shıg'adı.

Bunnan ha'm bunnan burın tabılǵ'an qatnaslardan $\varphi(v) = 1$ ekenligi kelip shıg'adı ha'm tabılǵ'an tu'rlendiriw formulaları mına tu'rge enedi:

$$\tau = \beta \left(1 - \frac{v}{V^2} x \right)$$

$$\xi = \beta(x - vt),$$

$$\eta = y, \quad \varsigma = z.$$

Bul an'latpalarda

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}$$

§ 4. Alıng'an ten'lemelerdin' qozg'alıwshı qattı deneler menen qozg'alıwshı saatlar ushın fizikalıq ma'nisi

Qozg'alıwshı k sistemasına salıstırǵ'anda tınıshlıqta turg'an radiusı R ge ten' bolǵ'an qattı shardı qaraymız¹⁰². SHardın' orayı k sistemasının' koordinata basına sa'ykes kelsin. K sistemasına salıstırǵ'anda v tezligi menen qozg'alıwshı bul shardın' betinin' ten'lemesi to'mendegidey boladı:

¹⁰² YAg'nıy tınıshlıqta shar formasına iye dene.

$$\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2 = R^2.$$

$t=0$ waqıt momentindegi x, y, z ler menen an'latılǵ'an bul bettin' ten'lemesin bilayınsha jazamız

$$\frac{x^2}{\left(\sqrt{1-(v/V)^2}\right)^2} + y^2 + z^2 = R^2.$$

Demek tınıshlıq halında shar formasına iye qattı dene qozǵ'alıs halında ha'm tınıshlıqta turg'an sistemada turıp baqlang'anda yarım ko'sherleri

$$R\sqrt{1-(v/V)^2}, \quad R, \quad R$$

shamalarına ten' bolǵ'an aylanıw ellipsoidına aylanadı. Sonın' menen birge shardın' (demek, qa'legen formadag'ı qattı denenin') o'lshepleri Y ha'm Z ko'sherleri bag'ıtında o'zgermeydi.

o'lshepler X ko'sherinin' bag'ıtında $1: \sqrt{1-(v/V)^2}$ qatnasında v qansha u'ken bolsa sonshama ku'shlirek o'zgeredi. $v=V$ bolǵ'anda «tınıshlıqta» turg'an sistemada turıp baqlang'an barlıq ob'ektler qısıladı ha'm tegis figuralarg'a aylanadı. Jaqtılıqtın' tezliginen u'ken tezlikler ushın bizin' talqılawlarımızdın' barlıǵ'ı da ma'nisin jog'altadı, qala berse bizin' bunnan keyingi talqılawlarımızdan bizin' teoriyamızda jaqtılıq tezliginin' fizikalıq jaqtan sheksiz u'ken tezliktin' ornın iyeleytug'inlıǵ'ı ko'rinedi. Tap usınday na'tiyjelerdin' ten' o'lshepli qozǵ'alıwshı sistemada turıp qarag'anda «tınıshlıqta» turg'an sistemada tınıshlıqta turg'an deneler ushın da alnatug'inlıǵ'ı o'z-o'zinen tu'sinikli.

Endi tınıshlıqta turg'an sistemag'a salıstırǵ'anda tınıshlıqta turg'an saat t waqıtın, al qozǵ'alıwshı sistemag'a salıstırǵ'anda tınıshlıqta turg'an saat τ waqıtın ko'rsetetug'in bolsın dep ko'z aldımızǵ'a elesleteyik. Meyli olar k sistemasının' koordinata basına ortalastırılǵ'an bolsın. Tınıshlıqta turg'an sistemada turıp baqlang'anda usı saatlardın' ju'riw tezligi qanday boladı?

Saatlar ornalastırılǵ'an orıng'a tiyisli x, t, τ shamaları

$$\tau = \frac{1}{\sqrt{1-(v/V)^2}} \left(t - \frac{v}{V} x \right)$$

ha'm

$$x = vt$$

an'latpaları menen baylanısqa. Solay etip

$$\tau = t\sqrt{1-(v/V)^2} = t - \left(1 - \sqrt{1-(v/V)^2}\right)t.$$

Bunnan (tınıshlıqta turg'an sistemada baqlang'an) sattın' ko'rsetiwi ha'r bir sekunda

$$\left(1 - \sqrt{1-(v/V)^2}\right) \text{ sekunda}$$

yamasa, eger to'rtinshi ha'm onnan da joqari ta'rtiptegi shamalar da'lliginde

$$\frac{1}{2}(v/V)$$

shamasina keyin qaladi.

Bunnan o'zine ta'n na'tiyjeler kelip shig'adi.

Eger K sistemasinin' A ha'm B noqatlarina tinishliqtag'i sinxron tu'rde ju'retug'in saatar ornatilg'an bolsa ja'ne A noqatidan saattı A menen B ni tutastirishı sızıq boyınsha v tezligi menen B noqatına qaray qozg'alg'altqanda bul saat B noqatına jetip kelgende B noqatında turg'an saat penen sinxronlı bolıp shıqpaydı. A dan B g'a qaray qozg'alg'an saat B noqatında turg'an saatqa qarag'anda qozg'alis baslang'annan baslap $(1/2)t(v^2/V^2)$ *cekund* shamasına (to'rtinshi ha'm onnan da joqari ta'rtiptegi shamalg'a shekemgi da'llikte) keyin qaladı. Bul jerde t arqalı saat A dan B g'a kelemen degenshe o'tken waqıt belgilengen. Tap usınday na'tiyjenin' A dan B g'a qaray saat sinıq sızıqlar boyınsha qozg'alg'anda da, A menen B noqatları bir biri menen sa'ykes kelgende de alinatug'inlig'in ko'rinip tur.

Eger sinıq sızıq ushın aling'an na'tiyje o'zinin' bag'ıtın u'zliksiz o'zgetetug'in sızıq ushın da durıs bolsa, onda to'mendegidey teoremanı alamız:

Eger A noqatında bir biri menen sinxron ju'retug'in eki saat turg'an bolsa ha'm solardın' birin turaqlı tezlik penen tuyıq sızıq boyınsha qozg'altsaq, onda usı A noqatına qaytıp kelgende (aytayıq, usı ushın t sek waqıt ketken bolsın), onda bul saat A noqatında tinishliqta qalg'an saatqa salıstırg'anda

$$\frac{1}{2}t(v^2/V^2)$$

sekundqa keyin qaladı. Bunnan minaday juwmaq shig'arıwg'a boladı: balansiri bar Jer ekvatorındag'ı saat (birdey sharayatlarda jaylasqan) poliustegi tap sonday saatqa salıstırg'anda a'sterek ju'redi.

§ 5. Tezliklerdi qosıw teoreması

Meyli K sistemasinin' X ko'sheri bag'ıtında v tezligi menen qozg'alıwshı k sistemasında to'mendegidey ten'lemeler boyınsha noqat qozg'alatug'in bolsın:

$$\xi = \omega_\xi \tau, \quad \eta = \omega_\eta \tau, \quad \zeta = 0.$$

Bul an'latpadag'ı ω_ξ menen ω_η ler turaqlı shamalar.

Noqattın' K sistemasına salıstırg'andag'ı qozg'alısın tabamız. Eger noqattın' qozg'alıs ten'lemesine 3-paragrafta aling'an x , u , z , t shamalarının' tu'rlendiriw formulaların kirgizsek, onda minanı alamız:

$$x = \frac{\omega_\xi + v}{1 + \frac{v \omega_\xi}{V^2}} t,$$

$$y = \frac{\sqrt{1 - (v/V)^2}}{1 + \frac{v\omega_\xi}{V^2}} \omega_\eta t,$$

$$z = 0.$$

Solay etip tezlikler parallelogrammı nızamı bizin' teoriyamızda tek birinshi jaqınlasıwda g'ana durıs eken. Meyli

$$U^2 = \left(\frac{dx}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dy}{dt} \right)^2,$$

$$\omega^2 = \omega_\xi^2 + \omega_\eta^2$$

ha'm

$$\alpha = \arctg \frac{\omega_y}{\omega_x}.$$

bolsın. Bunday jag'dayda α shamasın v ha'm ω tezlikleri arasındag'ı mu'yesh dep qaraw kerek. A'piwayı esaplawlardan keyin mına an'latpa alınadı:

$$U = \frac{\sqrt{(v^2 + \omega^2 + 2v\omega \cos \alpha) - \left(\frac{v\omega \sin \alpha}{V} \right)^2}}{1 + \frac{v\omega}{V^2}}.$$

v menen ω nın' qosındı tezlikтин' an'latpasına simmetriyalı tu'rde kiriwi ju'da' jaqsı. Eger ω da X ko'sheri (Ξ ko'sheri) bag'ıtında bolsa, onda U ushın jazılğ'an formula mına tu'rge iye boladı:

$$U = \frac{V + \omega}{1 + \frac{v\omega}{V^2}}.$$

Bul ten'lemeden V dan kishi bolg'an eki tezlikti qosqanda almatug'in tezlikтин' barlıq waqıtta da V dan kishi bolatug'inlıg'ı kelip shıg'adı. $v = V - \kappa$, $\omega = V - \lambda$ (κ ha'm λ shamaları on' shamalar ha'm V dan kishi) dep alsaq, onda

$$U = V \frac{2V - \kappa - \lambda}{2V - \kappa - \lambda + \frac{\kappa\lambda}{V}} < V.$$

Bunnan keyin jaqtılıqtın' tezligi V g'a usı tezlikten kishi tezlikti qosqanda o'zgeriske ushıramaytug'inlıg'ı kelip shıg'adı. Bul jag'day ushın alınadı:

$$U = \frac{V + \omega}{1 + \frac{\omega}{V}} = V.$$

v menen ω bir bag'ıtta bolg'an jag'dayda biz U ushın formulanı 3-paragraftag'ı eki tu'rlandiriwdi izbe-iz qollanıw arqalı alg'an bolar edik. Eger biz 3-paragraftag'ı K ha'm k sistemaları menen bir qatar k sistemasına parallel Ξ bag'ıtında ω tezligi menen qozg'alatug'ın u'shinshi k' koordinata sistemasın kirgizetug'ın bolsaq, onda x, y, z, t shamaların k' sistemasındag'ı sa'ykes shamalarg'a baylanistratug'ın ten'lemelerdi alamız. Bul ten'lemelerdin' 3-paragrafta alıng'an ten'lemelerden parqı sonnan ibarat, v shamasının' ornına endi

$$\frac{v + \omega}{1 + \frac{v\omega}{V^2}}$$

shaması turadı. Bunnan usınday parallel tu'rlandiriwlerdin' (sonday bolıwı kerek) gruppanı du'zetug'ınlıg'ı ko'rinip tur.

Solay etip bizin' eki printsipimizge sa'ykes du'zilgen ha'm bizge za'ru'rli bolg'an kinematikanın' qa'delerin keltirip shıg'ardıq. Endi olardin' elektrodinamikadag'ı qollanıwın ko'rsetiwge o'temiz.

II. ELEKTRODİNAMİKALIQ BO'LİM

§ 6. Bos ortalıq ushın Maksvell-Gerts ten'lemelerin tu'rlandiriw.

Magnit maydanında qozg'alg'anda payda bolatug'ın elektr qozg'awshı ku'shlerdin' ta'biyatı

Meyli Maksvell-Gerts ten'lemeleri K tınıshlıqta turg'an sistemadag'ı bos ortalıq ushın durıs bolsın. Bunday jag'dayda mınag'an iye bolamız:

$$\begin{aligned} \frac{1}{V} \frac{\partial X}{\partial t} &= \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial s}, & \frac{1}{V} \frac{\partial L}{\partial t} &= \frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y}, \\ \frac{1}{V} \frac{\partial Y}{\partial t} &= \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x}, & \frac{1}{V} \frac{\partial M}{\partial t} &= \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial z}, \\ \frac{1}{V} \frac{\partial Z}{\partial t} &= \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}, & \frac{1}{V} \frac{\partial N}{\partial t} &= \frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial x}. \end{aligned}$$

Bul an'latpalardag'ı (X, Y, Z) ler elektr maydanının' kernewliligi vektorı, (L, M, N) arqalı magnit maydanının' kernewlilik vektorı belgilengen.

Eger biz bul ten'lemelerge 3-paragrafta alıng'an tu'rlandiriwdi qollansaq ha'm elektromagnit protsesslerin sol paragraftag'ı v tezligi menen qozg'alıwshı qoordinata sistemasına tiyisli dep qarasaq, mına ten'lemelerdi alamız:

$$\frac{1}{V} \frac{\partial X}{\partial \tau} = \frac{\partial \beta(N - \frac{v}{V} Y)}{\partial \eta} - \frac{\partial \beta(M + \frac{v}{V} Z)}{\partial \zeta},$$

$$\begin{aligned}
\frac{1}{V} \frac{\partial \beta(Y - \frac{v}{V} N)}{\partial \tau} &= \frac{\partial L}{\partial \zeta} - \frac{\partial \beta(N - \frac{v}{V} Y)}{\partial \xi}, \\
\frac{1}{V} \frac{\partial \beta(Z + \frac{v}{V} M)}{\partial \tau} &= \frac{\partial \beta(M - \frac{v}{V} Z)}{\partial \xi} - \frac{\partial L}{\partial \eta}, \\
\frac{1}{V} \frac{\partial L}{\partial \tau} &= \frac{\partial \beta(Y - \frac{v}{V} N)}{\partial \xi} - \frac{\partial \beta(Z + \frac{v}{V} M)}{\partial \eta}, \\
\frac{1}{V} \frac{\partial \beta(M + \frac{v}{V} Z)}{\partial \tau} &= \frac{\partial \beta(Z + \frac{v}{V} M)}{\partial \xi} - \frac{\partial X}{\partial \zeta}, \\
\frac{1}{V} \frac{\partial \beta(N + \frac{v}{V} Y)}{\partial \tau} &= \frac{\partial X}{\partial \eta} - \frac{\partial \beta(Y + \frac{v}{V} N)}{\partial \xi}.
\end{aligned}$$

Bul an'latpalardın' barlıg'ında da

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}.$$

Salıstırmalıq printsipi K sistemasında durıs bolg'an boslıq ushın jazılğ'an Maksvell-Gerts ten'lemelerinin' k sistemasında da durıs bolıwın talap etedi. Bul o'z gezeginde qozg'alıwshı k sistemasında elektr zaryadlarına pondermotorlıq ta'siri yamasa sog'an sa'ykes magnit massaları arqalı anıqlang'an elektr ha'm magnit maydanlarınan' kernewlilikleri vektorları ushın to'mendegidey ten'lemelerdin' durıs bolatug'ınılg'ın bildiredi:

$$\begin{aligned}
\frac{1}{V} \frac{\partial X'}{\partial \tau} &= \frac{\partial N'}{\partial \eta} - \frac{\partial M'}{\partial \zeta}, & \frac{1}{V} \frac{\partial L'}{\partial \tau} &= \frac{\partial Y'}{\partial \zeta} - \frac{\partial Z'}{\partial \eta}, \\
\frac{1}{V} \frac{\partial Y'}{\partial \tau} &= \frac{\partial L'}{\partial \zeta} - \frac{\partial N'}{\partial \xi}, & \frac{1}{V} \frac{\partial M'}{\partial \tau} &= \frac{\partial Z'}{\partial \xi} - \frac{\partial X'}{\partial \zeta}, \\
\frac{1}{V} \frac{\partial Z'}{\partial \tau} &= \frac{\partial M'}{\partial \xi} - \frac{\partial L'}{\partial \eta}, & \frac{1}{V} \frac{\partial N'}{\partial \tau} &= \frac{\partial X'}{\partial \eta} - \frac{\partial Y'}{\partial \xi}.
\end{aligned}$$

k sisteması ushın tabılğ'an ten'lemelerdin' eki sisteması da da'l bir na'rseni an'latıwı kerek, sebebi ten'lemelerdin' eki sisteması da K sisteması ushın jazılğ'an Maksvell-Gerts ten'lemelerine ekvivalent. Eki sistemanın' ten'lemeleri vektorlardı sa'wlelendiretug'ın simvolları esapqa almag'anda bir birine sa'ykes keletug'ın bolg'anlıqtan ten'lemelerdin' eki sistemasındag'ı sa'ykes orınlarda turg'an funktsiyalar barlıq funktsiyalar ushın ortağ bolg'an ja'ne ξ, η, ζ, τ shamalarınan g'a'rezsiz $\psi(v)$ ko'beytiwshisine shekemgi da'llikte bir biri menen ten' bolıwı kerek. Solay etip

$$\begin{aligned}
X' &= \psi(v)X, & L' &= \psi(v)L, \\
Y' &= \psi(v)\beta\left(Y - \frac{v}{V}N\right) & M' &= \psi(v)\beta\left(M - \frac{v}{V}Z\right) \\
Z' &= \psi(v)\beta\left(Z + \frac{v}{V}M\right) & N' &= \psi(v)\beta\left(N - \frac{v}{V}Y\right)
\end{aligned}$$

Eger bul ten'lemeler sistemasın, birinshiden, tikkeley sheshiw arqalı, ekinshiden, v tezligi menen xarakterlenetug'ın kerı tu'rlendirıw ja'rdeminde (k dan K g'a) aylandırısaq (obratit, B.A.) ha'm aling'an eki ten'lemeler sistemasının' bir biri menen birdey ekenligin dıqqatqa qabıl etsek, onda

$$\psi(v)\psi(-v) = 1$$

ekenligin alamız.

Bunnan keyin simmetriya ko'z-qarasınan mınag'an iye bolamız¹⁰³:

$$\psi(v) = -\psi(-v).$$

Solay etip

$$\psi(v) = 1$$

ge ten' boladı eken ha'm sonlıqtan bızın' ten'lemelerimiz mına tu'rge enedi:

$$\begin{aligned} X' &= X, & L' &= L, \\ Y' &= \beta \left(Y - \frac{v}{V} N \right) & M' &= \beta \left(M - \frac{v}{V} Z \right) \\ Z' &= \beta \left(Z + \frac{v}{V} M \right) & N' &= \beta \left(N - \frac{v}{V} Y \right) \end{aligned}$$

Bul ten'lemelerdi interpretatsiyalaw ushın to'mendegilerdi eske alamız. Meyli tınıshlıqta turg'an K sistemasında o'lshegende «bir» ge ten' noqatlıq zaryad bolsın (yag'nıy bunday zaryad tınıshlıqta turg'an sistemag'a salıstırg'anda tınıshlıqta turıp tap sonday elektr zaryadına 1 sm qashılıqta turıp 1 dina ku'sh penen ta'sir etedi). Salıstırmalıq printsipine sa'ykes bul zaryadtı qozg'alıwshı sistemada o'lshegende de «bir» ge ten' boladı. Eger bul elektr mug'darı tınıshlıqta turg'an sistemag'a salıstırg'anda tınıshlıqta tursa, onda anıqlama boyınsha (X, U, Z) vektorı eske aling'an zaryadka ta'sir etetug'ın ku'shke ten'. Eger zaryad qozg'alıwshı sistemag'a salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an bolsa (en' bolmag'anda sa'ykes waqıt momentinde), onda og'an qozg'alıwshı sistemada o'lshegen ta'sir etetug'ın ku'sh (X', Y', Z') vektorına ten' boladı. Sonlıqtan joqarıda jazılğ'an ten'lemelerdin' da'slepki u'shewin to'mendegidey eki usı menen keltirip shıg'arıwǵa boladı.

1. Eger elektromagnit maydanında birlik noqatlıq zaryad qozg'alatug'ın bolsa, onda og'an elektr maydanınan basqa «elektromotor ku'shi» ta'sir etedi. Bul ku'sh v/V nın' ekinshi ha'm onnan da joqarı da'rejelerine proporsional bolğ'an ag'zalırdı esapqa almag'anda birlik zaryadtın' qozg'alıs tezligi menen magnit maydanının' kernewliliginin' ko'beymesin jaqtılıqtın' tezligine bo'lgenge ten' (eski formulirovka).

2. Eger birlik noqatlıq zaryad elektromagnit maydanında qozg'alatug'ın bolsa, onda og'an ta'sir etetug'ın ku'sh usı zaryad turg'an orındag'ı elektr maydanının' kernewliligine ten' (maydandı zaryad tınıshlıqta turg'an koordinatalar sistemasına qarata tu'rlendirgende alinatug'ın) (jan'a formulirovka).

¹⁰³ Misalı, eger $X = Y = Z = L = M = 0$ ha'm $N \neq 0$ bolğ'anda simmetriya ko'z-qarası boyınsha v o'zinin' sanlıq ma'nisin o'zgeretpey tek belgisin o'zgetetug'ın bolsa Y' tın' da san ma'nisin o'zgetpey, tek belgisin o'zgetetug'ınlıǵı tu'sinikli.

Usınday ta'rtiler «magnitomotor» lıq ku'shler ushın da orın aladı. Bayanlanılıp atırǵan teoriyada elektromotor ku'shi ja'rdemshi tu'sinik ornın iyeleydi. Bul tu'sinikti kirgizıwdın sebebi elektr ha'm magnit maydanları koordinata sistemasının qozǵalısh halnıan g'a'rezsiz bar bola almawında. Magnit penen o'tkizgishtin' bir birine salıstırǵandag'ı qozǵalıshın saldarınan payda bolatug'ın toqlardı qarag'anda kirgizilgen asimmetriyanın jog'alatug'ınlıǵı tu'sinikli. Elektrodinamikalıq ku'shler qay jerde «otırıptı» degen soraw da ma'nisin jog'altadı.

§ 7. Aberratsiya menen Doppler effektinin' teoriyası

Meyli K sistemasında koordinata basın u' lken qashıqlıqta elektrodinamikalıq tolqınlardıń bazı bir deregi jaylasqan bolsın. Bul tolqınlar koordinata basın o'z ishine qamtıytug'ın ken'isliktin' bazı bir bo'liminde da'lliktin' jetkilikli da'rejesinde mına ten'lemeler menen beriliwi mu'mkin bolsın:

$$X = X_0 \sin \Phi, \quad L = L_0 \sin \Phi,$$

$$Y = Y_0 \sin \Phi, \quad M = M_0 \sin \Phi,$$

$$Z = Z_0 \sin \Phi, \quad N = N_0 \sin \Phi,$$

$$\Phi = \omega \left(t - \frac{ax + by + cz}{V} \right)$$

Bul jerde (X_0, Y_0, Z_0) ha'm (L_0, M_0, N_0) ler tolqınnın' amplitudasın anıqlaytug'ın vektorlar; a, b, c lar tolqın frontına tu'sirilgen normaldın' baǵıtlawshı kosinusları.

Endi qozǵalıwshı k sistemasına salıstırǵanda tınıshlıqta turg'an baqlawshı ta'repinen izertlengende usı tolqınlardıń qa'siyetlerinin' qanday bolatug'ınlıǵın ayqınlastırayıq. 6-paragrafta tabılǵan elektr ha'm magnit maydanların tu'rlendiriw formulaların ha'm 3-paragrafta alıng'an koordinatalar menen waqıttı tu'rlendiriw formulaların qollanıp, mınanı alamız:

$$X' = X_0 \sin \Phi', \quad L' = L_0 \sin \Phi,$$

$$Y' = \beta \left(Y_0 - \frac{v}{V} N_0 \right) \sin \Phi', \quad M' = \beta \left(M_0 + \frac{v}{V} Z_0 \right) \sin \Phi',$$

$$Z = \beta \left(Z_0 - \frac{v}{V} M_0 \right) \sin \Phi', \quad N' = \beta \left(N_0 - \frac{v}{V} Y_0 \right) \sin \Phi',$$

$$\Phi' = \omega' \left(\tau - \frac{a'\xi + b'\eta + c'\zeta}{V} \right)$$

Bul an'latpalarda

$$\omega' = \omega \beta \left(1 - a \frac{v}{V} \right)$$

$$a' = \frac{a - \frac{v}{V}}{1 - a \frac{v}{V}},$$

$$b' = \frac{b}{\beta \left(1 - a \frac{v}{V} \right)},$$

$$c' = \frac{c}{\beta \left(1 - a \frac{v}{V} \right)},$$

Jiyiligi v bolg'an sheksiz qashılıqtıg'ı jaqtılıq deregine salıstırğ'anda v tezligi menen qozğ'alatug'ın baqlawshını alamız. ω' ushın jazılğ'an ten'lemeden eger jaqtılıq deregi menen baqlawshını tutastırıtug'ın sızıq penen koordinata sistemasındag'ı (jaqtılıq deregine salıstırğ'anda tınıshlıqta turg'an) tezligi arasındag'ı mu'yesh φ bolsa, onda baqlawshı ta'repinen qabıl etiletug'ın jaqtılıqtın' jiyiligi v' mına formula ja'rdeminde beriledi:

$$v' = v \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}.$$

Bul qa'legen tezlikler ushın Doppler printsipi bolıp tabıladı. $\varphi = 0$ bolg'an jag'dayda formula a'piwayıraq tu'rge iye boladı:

$$v' = v \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{V}}{1 + \frac{v}{V}}}$$

Biz bul jerde a'dettegi ko'z-qaraslarg'a qarsı $v = -\infty$ te jiyilik $v = \infty$ bolatug'ınlıg'ın ko'remiz.

Eger φ' arqalı tolqın frontı normalı (nur bag'ıtı) menen jaqtılıq deregi menen baqlawshını tutastırıtug'ın sızıq arasındag'ı mu'yeshi belgilesek, onda φ' ushın arnalg'an formula mına tu'rge iye boladı:

$$\cos \varphi' = \frac{\cos \varphi - \frac{v}{V}}{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}.$$

Bul formula ulıwmalıq tu'rindegi aberratsii nızamın an'latadı. Eger $\varphi = \pi/2$ bolsa formula a'piwayı tu'rge iye boladı:

$$\cos \varphi' = -\frac{v}{V}.$$

Endi biz qozğ'alıwshı sistemadag'ı baqlawshı ta'repinen qabıl etiletug'ın tolqının' amplitudasın tabıwımız kerek. Tınısh turg'an ha'm qozğ'alıwshı sistemalardag'ı elektr ha'm magnit maydanların' kernewliliklerinin' amplitudaların A ha'm A' arqalı belgilesek, onda mınag'an iye bolamız:

$$A'^2 = A^2 \frac{\left(1 - \frac{v}{V} \cos \varphi\right)}{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}.$$

$\varphi = 0$ bolg'anda bul qatnas a'piwayıraq qatnasqa o'tedi:

$$A'^2 = A^2 \frac{1 - \frac{v}{V}}{1 + \frac{v}{V}}.$$

Keltirilip shıg'arılǵ'an ten'lemelerden jaqtılıqtın' bazı bir dereğine V tezligi menen jaqınlap kiyatırǵ'an baqlawshı ushın bul derektin' sheksiz u'iken intensivlikke iye bolatug'ınday bolıp ko'rinetug'inlıǵ'ı kelip shıǵ'adı.

§ 8. Jaqtılıq nurlarının' energiyasın tu'rlendiriw.

İdeal aynag'a jaqtılıq ta'repinen tu'siriletug'ın basımın' teoriyası

$A^2/8\pi$ ko'lem birligindegi jaqtılıqtın' energiyası bolǵ'anlıqtan salıstırmalıq printsipti tiykarında $A'^2/8\pi$ shamasın biz qozǵ'alıwshı sistemadag'ı jaqtılıq energiyası dep qarawımız kerek. Sonlıqtan A'^2/A^2 shaması eger jaqtılıq kompleksinin' ko'lemi k ha'm K sistemalarında birdey bolıp qalatug'ın bolsa «qozǵ'alısta o'lishengen» belgili bil jaqtılıq kompleksinin' energiyasının' «tınıshlıqtag'ı» tap sonday komplekstin' energiyasının' qatnası bolıp tabıladı. Biraq bul onday bolmaydı. Eger a, b, c lar tınıshlıqtag'ı sistemanın' jaqtılıq tolqımının' frontına tu'sirilgen normaldın' baǵ'ıtlawshı kosinusları bolsa, onda jaqtılıq tezligi menen qozǵ'alatug'ın sferanın' betinin'

$$(x - V a t)^2 + (y - V b t)^2 + (z - V c t)^2 = R^2$$

elementi arqalı hesh qanday energiya o'tpeydi. Sonlıqtan bul bet barlıq waqıtta da bir jaqtılıq kompleksin sheklep turadı dep tastıyıqlay alamız. Eger baqlawlar k sistemasında turıp ju'rgiziletug'ın bolsa usı bettin' ishinde qanday energiyanın' turg'anlıǵ'ın anıqlaymız (yag'nıy k sistemasına salıstırǵ'anda jaqtılıq kompleksinin' energiyasının' qanday ekenligin anıqlaymız).

Qozǵ'alıwshı sistemada qarap atırılǵ'an sferalıq bet ellipsoiddın' beti bolıp tabıladı. Onın' ten'lemesi $\tau = 0$ waqıt momentinde bılay jazıladı:

$$\left(\beta\xi - a\beta\frac{v}{V}\xi\right)^2 + \left(\eta - b\beta\frac{v}{V}\xi\right)^2 + \left(\varsigma - c\beta\frac{v}{V}\xi\right)^2 = R^2.$$

Eger S arqalı shardın' ko'lemi, al S' arqalı usı ellipsoidtın' ko'lemi belgilense, onda a'piwayı esaplawlar mınaday katnastın' orın alatug'inlıǵ'ın ko'rsetedi:

$$\frac{S'}{S} = \frac{\sqrt{1 - (v/V)^2}}{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}.$$

E arqalı tınıshlıqta turg'an sistemada o'lishengen ha'm qarap atırlg'an bettin' ishindegi energiya belgilense, al E' arqalı qozg'alıwshı sistemadag'ı tap usı energiya belgilense, onda

$$\frac{E'}{E} = \frac{\frac{A'^2}{8\pi} S'}{\frac{A^2}{8\pi} S} = \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}$$

an'latpasına iye bolamız. Bul formula $\varphi = 0$ bolg'an jag'dayda a'piwayılasadı

$$\frac{E'}{E} = \sqrt{\frac{1 - \frac{v}{V}}{1 + \frac{v}{V}}}.$$

Jaqtılıq kompleksinin' energiyasının' da, jiyiliginin' de baqlawshının' halının' o'zgeriwi menen birdey nızam boyınsha o'zgeriwi a'hmiyetli bolıp tabıladı.

Meyli koordinata tegisligi $\xi = 0$ ideal aynalıq bet bolsın ha'm aldın'g'ı paragrafta qaralg'an tegis tolqınlar usı bette shag'ılısatug'ın bolsın. Endi usı betke tu'siriletug'ın jaqtılıq basımın ha'm shag'ılısqannan keyingi jaqtılıqtın' bag'ıtının', jiyiliginin' ha'm intensivlıliginin' qanday bolatug'ınlıg'ın anıqlaymız.

Meyli tu'siwshi jaqtılıq A, $\cos \varphi$, v (K esaplaw sistemasına tiyisli) shamaları menen ta'riplenetug'ın bolsın. k sistemasında turıp baqlag'anda sa'ykes shamalar ushın mınalarg'a iye bolamız:

$$\begin{aligned} A' &= A \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}, \\ \cos \varphi' &= \frac{\cos \varphi - \frac{v}{V}}{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}, \\ v' &= v \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}. \end{aligned}$$

Eger biz usı protsessti k sistemasında ju'redi desek, onda shag'ılısqan nur ushın mınanı alamız:

$$\begin{aligned} A'' &= A', \\ \cos \varphi'' &= -\cos \varphi', \\ v'' &= v'. \end{aligned}$$

Aqırında K sistemasına kerı tu'rlendiriw ju'rgizsek, shag'ılısqan jaqtılıq ushın alamız:

$$A''' = A'' \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi''}{\sqrt{1 - (v/V)^2}} = A \frac{1 - 2 \frac{v}{V} \cos \varphi + \left(\frac{v}{V}\right)^2}{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2},$$

$$\cos \varphi''' = \frac{\cos \varphi'' + \frac{v}{V}}{1 + \frac{v}{V} \cos \varphi} = - \frac{\left[1 + \left(\frac{v}{V}\right)^2\right] \cos \varphi - 2 \frac{v}{V}}{1 - 2 \frac{v}{V} \cos \varphi + \left(\frac{v}{V}\right)^2},$$

$$v''' = v'' \frac{1 + \frac{v}{V} \cos \varphi''}{\sqrt{1 - (v/V)^2}} = v \frac{1 - 2 \frac{v}{V} \cos \varphi + \left(\frac{v}{V}\right)^2}{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}.$$

Tinışlıqta turg'an sistemada o'lishengen aynanın' betinin' bir birligine bir waqt birliginde tu'setug'in energiyanin' mug'dari

$$\frac{A^2}{8\pi} (V \cos \varphi - v)$$

g'a ten'.

Aynanın' betinin' bir birliginen bir waqt birliginde ketetug'in energiya bolsa

$$\frac{A'^2}{8\pi} (-V \cos \varphi''' + v)$$

g'a ten'. Energiyanin' saqlaniv nizamına sa'ykes usi eki an'latpa arasındag'ı ayırma jaqtılıq basımı ta'repinen bir waqt birliginde islengen jumisqa ten'. Jumisti P_v ko'beymesine ten'lestirip (P arqalı jaqtılıq basımı belgilengen) alamız:

$$P = 2 \frac{A^2}{8\pi} \frac{\left(\cos \varphi - \frac{v}{V}\right)^2}{1 - \left(\frac{v}{V}\right)^2}.$$

Bunnan birinshi jaqınlasıwda ta'jiriybelerge ha'm basqa teoriyalarg'a sa'ykes keliwshi

$$P = 2 \frac{A^2}{8\pi} \cos^2 \varphi.$$

an'latpasın alamız.

Usı jerde qollanılğ'an usıl menen qozg'alıwshı deneler optikasının' barlıq ma'selelerinin' sheshiliwi mu'mkin. Ma'selenin' ma'nisi sonnan ibarat, qozg'alıwshı dene ta'repinen ta'sirge ushıraytug'in jaqtılıq tolqınıdag'ı elektr ha'm magnit maydanları usı denege salıstırg'anda tinışlıqta turatug'in koordinata sistemasına tu'rlendiriledi. Usının' saldarınan qozg'alıwshı

deneler optikasının' ha'r bir ma'selesi tınıshlıqta turg'an deneler optikasının' ma'selesine alıp kelinedi.

§ 9. Konvektsiyalıq toqlardı esapqa alg'an jag'day ushın Maksvell-Gerts ten'lemesin tu'rlendiriw

Biz mına ten'lemelerdi basshılıqqa alamız:

$$\begin{aligned}\frac{1}{V} \left\{ u_x \rho + \frac{\partial X}{\partial \tau} \right\} &= \frac{\partial N}{\partial y} - \frac{\partial M}{\partial z}, & \frac{1}{V} \frac{\partial L}{\partial t} &= \frac{\partial Y}{\partial z} - \frac{\partial Z}{\partial y}, \\ \frac{1}{V} \left\{ u_y \rho + \frac{\partial Y}{\partial \tau} \right\} &= \frac{\partial L}{\partial z} - \frac{\partial N}{\partial x}, & \frac{1}{V} \frac{\partial M}{\partial t} &= \frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{\partial X}{\partial z}, \\ \frac{1}{V} \left\{ u_z \rho + \frac{\partial Z}{\partial \tau} \right\} &= \frac{\partial M}{\partial x} - \frac{\partial L}{\partial y}, & \frac{1}{V} \frac{\partial N}{\partial t} &= \frac{\partial X}{\partial y} - \frac{\partial Y}{\partial x}.\end{aligned}$$

Bul an'latpalardag'ı

$$\rho = \frac{\partial X}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial y} + \frac{\partial Z}{\partial z}$$

4π ge ko'beytilgen zaryadtın' tıg'ızlıg'ın bildiredi, al (u_x, u_y, u_z) shamaları bolsa elektr zaryadının' tezlik vektörü. Eger zaryadlar bir biri menen kishi qattı denelerde o'zgerissiz baylanısqa (ionlar, elektronlar) dep esaplasaq, onda bul ten'lemeler Lorents elektrodinamikası menen qozg'alıwshı deneler optikasının' tiykarg'ı ten'lemeleri bolıp tabıladı.

Eger 3- ha'm 6-paragraftardag'ı tu'rlendiriw formulalarının' ja'rdeminde K sistemasında durıs bolg'an bul ten'lemelerdi tu'rlendirsek, mınaday ten'lemelerdi alamız:

$$\begin{aligned}\frac{1}{V} \left\{ u_\xi \rho' + \frac{\partial X'}{\partial \tau} \right\} &= \frac{\partial N'}{\partial \eta} - \frac{\partial M'}{\partial \xi}, & \frac{1}{V} \frac{\partial L'}{\partial \tau} &= \frac{\partial Y'}{\partial \zeta} - \frac{\partial Z'}{\partial \eta}, \\ \frac{1}{V} \left\{ u_\eta \rho' + \frac{\partial Y'}{\partial \tau} \right\} &= \frac{\partial L'}{\partial \zeta} - \frac{\partial N'}{\partial \xi}, & \frac{1}{V} \frac{\partial M'}{\partial \tau} &= \frac{\partial Z'}{\partial \xi} - \frac{\partial X'}{\partial \zeta}, \\ \frac{1}{V} \left\{ u_\zeta \rho' + \frac{\partial Z'}{\partial \tau} \right\} &= \frac{\partial M'}{\partial \xi} - \frac{\partial L'}{\partial \eta}, & \frac{1}{V} \frac{\partial N'}{\partial \tau} &= \frac{\partial X'}{\partial \eta} - \frac{\partial Y'}{\partial \xi}.\end{aligned}$$

Bul an'latpalarda

$$\begin{aligned}\frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{V^2}} &= u_\xi, \\ \frac{u_y}{\beta \left(1 - \frac{u_x v}{V^2} \right)} &= u_\eta, & \rho' &= \frac{\partial X'}{\partial \xi} + \frac{\partial Y'}{\partial \eta} + \frac{\partial Z'}{\partial \zeta} = \beta \left(1 - \frac{v u_x}{V^2} \right) \rho,\end{aligned}$$

$$\frac{u_z}{\beta \left(1 - \frac{u_x v}{V^2} \right)} = u_{\zeta}.$$

Solay etip (bul 5-paragraftag'ı tezliklerdi qosıw teoremasınan kelip shıg'adı) (u_{ξ} , u_{η} , u_{ζ}) ler k sistemasında o'lishengen elektr zaryadların' tezligi eken. Demek eger bizin' kinematikalıq printsiplerimizdi basshılıqqa alatug'ın bolsaq qozg'alıwshı denelerdin' Lorents elektrodinamikasının' elektrodinamikalıq tiykarının' salıstırmalıq printsipline bag'ınatug'ınlig'ı ko'rsetildi.

Da'llilengen ten'lemelerden to'mendegidey a'hmiyetli teoremanın' kelip shıg'atug'ınlig'ın qısqasha atap o'temiz: eger elektr zaryadı menen zaryadlang'an dene ken'islikte ıqtıyarlı tu'rde qozg'alatug'ın bolsa ha'm eger usı dene menen birge qozg'alatug'ın koordinata sistemasında turıp baqlang'anda o'zgermeytug'ın bolsa, onda bul zaryad tınıshlıqta turg'an K sistemasında turıp baqlang'anda da o'zgermeydi.

§ 10. (U'lken emes tezleniwge iye) elektronnın' dinamikası

Meyli elektromagnit maydanında elektr zaryadı ε ge ten' bolg'an (endigiden bılay «elektron» dep atalıwshı) noqatlıq bo'lekshe qozg'alatug'ın bolsın. Onın' qozg'alis nızamı haqqında tek minalardı boljaymız:

Eger elektron belgili bir waqt aralıg'ında tınıshlıqta turg'an bolsın. Usınnan keyingi waqt elementinde (qozg'alis a'ste-aqırınlıq penen ju'retug'ın bolg'anlıqtan)

$$\begin{aligned}\mu \frac{d^2 x}{dt^2} &= \varepsilon X, \\ \mu \frac{d^2 y}{dt^2} &= \varepsilon Y, \\ \mu \frac{d^2 z}{dt^2} &= \varepsilon Z.\end{aligned}$$

ten'lemeleri menen ta'riplenedi. Bul an'latpalardag'ı x , y , z ler elektronnın' koordinataları, al μ arqalı elektronnın' massası belgilengen.

Bunnan keyin elektron belgili bir waqt aralıg'ında v tezligine iye bolsın. Tikkeley usı waqt aralıg'man son'g'ı elektronnın' qozg'alis nızamın tabamız.

Talqılawlardıń ulıwmalıq ekenligin sheklemey biz baqlawdı baslag'an momentte bizin' elektronımız koordinata basında jaylasqan boladı ha'm K sistemasının' X ko'sheri bag'ıtında v tezligi menen qozg'aladı dep esaplay alamız (haqıyqatında da tap sonday dep esaplaymız). Bunday jag'dayda ko'rsetilgen waqt momentinde ($t = 0$) elektron X ko'sherine parallel bag'ıtta v tezligi menen qozg'alatug'ın k koordinatasına salıstırg'anda tınıshlıqta turadı.

Joqarıda qabıl etilgen boljawdan ha'm bul boljawg'a salıstırmalıq printsiplin qossaqa mına jag'day kelip shıg'adı: k sistemasınan baqlanatug'ın $t = 0$ den tikkeley keyingi wakıt aralıg'ındag'ı elektronnın' qozg'alis ten'lemesi mına tu'rge iye boladı:

$$\mu \frac{d^2 \xi}{d\tau^2} = \varepsilon X',$$

$$\mu \frac{d^2 \eta}{d\tau^2} = \varepsilon Y',$$

$$\mu \frac{d^2 \zeta}{d\tau^2} = \varepsilon Z'.$$

Bul an'latpalardag'ı $\xi, \eta, \zeta, \tau, X', Y', Z'$ shamaları k sistemasına tiyisli. Eger usıg'an qosımsha $t = x = y = z = 0$ de $\tau = \xi = \eta = \zeta = 0$ dep esaplasaq onda 3- ha'm 6-paragraflardag'ı tu'rlendiriw formulaları durıs boladı ja'ne kelisi ten'lemeler orınlanadı:

$$\tau = \beta \left(t - \frac{v}{V^2} x \right),$$

$$\xi = \beta(x - vt), \quad X' = X,$$

$$\eta = y, \quad Y' = \beta \left(Y - \frac{v}{V} N \right),$$

$$\zeta = z, \quad Z' = \beta \left(Z + \frac{v}{V} M \right).$$

Bul ten'lemlerdin' ja'rdeminde joqarıda jazılğ'an ten'lemelerdi k sistemasınan K sistemasına tu'rlendiremiz ha'm mınanı alamız:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{\varepsilon}{\mu} \frac{1}{\beta^3} X,$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{\varepsilon}{\mu} \frac{1}{\beta} \left(Y - \frac{v}{V} N \right),$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} = \frac{\varepsilon}{\mu} \frac{1}{\beta} \left(Z + \frac{v}{V} M \right) \quad (A)$$

Talqılawlardın' a'dettegidey usılına su'yenip qozg'alıwshı elektronnıń «boylıq» ha'm «ko'ldenen» massaların anıqlaymız. (A) ten'lemelerin mına tu'rde jazamız:

$$\mu \beta^3 \frac{d^2 x}{dt^2} = \varepsilon X = \varepsilon X',$$

$$\mu \beta^2 \frac{d^2 y}{dt^2} = \varepsilon \beta \left(Y - \frac{v}{V} N \right) = \varepsilon Y',$$

$$\mu \beta^2 \frac{d^2 z}{dt^2} = \varepsilon \beta \left(Z + \frac{v}{V} M \right) = \varepsilon Z'.$$

Bunday jag'dayda $\varepsilon X', \varepsilon Y', \varepsilon Z'$ lerdin' elektrong'a ta'sir etiwshi pandermotor ku'shlerdin' qurawshıları ekenligin an'laymız. Qala berse bul qurawshılar usı waqıt momentinde elektron menen birge usı elektronnıń tezligindey tezlik penen qozg'alatug'ın koordinatalar sistemasında qaraladı. (mısalı bul ku'shtin' usı sistemada tınıshlıqta turg'an prujinalı ta'rezi ja'rdeminde o'lsheneniwi mu'mkin). Eger usı ku'shti endi «elektrong'a ta'sir etetug'ın ku'sh» dep atasaq ha'm

$$\text{Massa} \times \text{Tezleniw} = \text{Ku'sh}$$

ten'lemesin saqlap qalsaq ja'ne bunnan keyin o'lshepler tinishliqta turg'an K esaplaw sistemasında a'melge asırılıwı lazım ekenligin anıqlasaq, onda joqarıdag'ı ten'lemelerden alamız:

$$\text{Boylıq massa} = \frac{\mu}{\left(\sqrt{1-(v/V)^2}\right)^3},$$

$$\text{Ko'ldenen' massa} = \frac{\mu}{\sqrt{1-(v/V)^2}}.$$

A'llette, eger biz ku'sh penen tezleniwge basqasha anıqlama bersek, onda massalar ushın basqa ma'nislardi alg'an bolar edik. Bunnan elektronnıń qozg'alısınń ha'r qıylı teoriyaların salıstırğanda ju'da' abaylı bolıw kerekligi kelip shıǵadı. Massa ushın alıng'an bul na'tiyjelerdin' neytral bolğ'an materiallıq noqatlar ushın da durıs ekenligin sezemiz. Sebebi usınday materiallıq noqattı qa'legen mug'dardag'ı kishi elektr zaryadın qosıp elektrong'a aylandırırw mu'mkin (bizin' ma'niste).

Elektronnıń kinetikalıq energiyasın anıqlaymız Eger elektron K sistemasının' basınan baslang'ısh 0 tezligi menen barlıq waqıtta X ko'sherinin' bag'ıtında X elektrı ku'shinin' ta'sirinde qozg'alatug'ın bolsa, onda elektrostatalıq maydannan alıng'an energiyanıń $\int \epsilon X dx$ bolatug'ınlig'ı tu'sinikli. Elektron a'stelik penen tezlenetug'ın, sonın' saldarınan ol energiyanı nurlanıw tu'rinde qaytıp bermeytug'ın bolğ'anlıqtan elektrostatalıq maydannan alıng'an energiya elektronnıń qozg'alıs energiyası W ge ten' bolıwı kerek. Qarap atırılğ'an protsesstin' barısında (A) dag'ı birinshi ten'leme durıs bolatug'ınlig'ın dıqqatka alsaq, onda

$$w = \int \epsilon X dx = \int_0^v \beta^3 \mu v dv = \mu V^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1-(v/V)^2}} - 1 \right\}$$

an'latpasın alamız.

Sonlıqtan $v = V$ bolğ'anda W shaması sheksiz u'lken boladı. Da'slepki juwmaqlardag'ıday usı jerde de jaqtılıqtın' tezliginen u'lken tezlikтин' bolıwı mu'mkin emes. Kinetikalıq energiya ushın jazılğ'an bul an'latpa joqarıda keltirilgen argumentlerge baylanıslı qa'legen massalar ushın durıs boladı.

Endi ta'jiriybede tekserilip ko'riliwi mu'mkin bolğ'an (A) ten'lemeler sistemasınan kelip shıǵıwı kerek barlıq na'tiyjelerdi atap o'temiz.

1. (A) sistemasının' ekinshi ten'lemesinen elektr maydanı Y ha'm magnit maydanı N $Y = N \frac{v}{V}$ bolğ'anda elektrondı birdey ku'shte awıstıradı. Bizin' teoriyamızg'a sa'ykes qa'legen tezlikler ushın eger

$$\frac{A_m}{A_e} = \frac{v}{V}$$

nızamı qollanılatug'ın bolsa, onda elektronnıń tezligin magnit maydanı ta'repinen awısıw A_m nin' elektr maydanı ta'repinen awısıw A_e ge qatnası ja'rdeminde anıqlawdın' mu'mkin ekenligi

ko'rinip tur. Bul qatnastı eksperimentte tekserip ko'riwge boladı. Sebebi elektronnın' tezligin tez o'zgeretug'in elektr ha'm magnit maydanların' ja'rdeminde anıqlawg'a boladı.

2. Elektronnın' kinetikalıq energiyası ushın jazılğ'an formuladan o'tilgen potentsiallar ayırması P menen elektronnın' alg'an tezligi arasında mınaday qatnastın' orın alıwı kerek:

$$P = \int X dx = \frac{\mu}{\varepsilon} V^2 \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - (v/V)^2}} - 1 \right\}.$$

3. Elektronnın' tezligine perpendikulyar bolğ'an kernewliligi N ge ten' magnit maydanı (birden bir awıstırıwshı ku'sh sıpatında) bar bolğ'andag'ı orbitanın' qıysıqlıq radiusı R di esaplaymız.

(A) nın' ekinshi ten'lemesinen alamız:

$$-\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{v^2}{R} = \frac{\varepsilon}{\mu} \frac{v}{V} N \sqrt{1 - (v/V)^2}$$

yamasa

$$R = V^2 \frac{\mu}{\varepsilon} \frac{\frac{v}{V}}{\sqrt{1 - (v/V)^2}} \frac{1}{N}.$$

Keltirilgen u'sh qatnas usınılg'an teoriyag'a sa'ykes elektronların' qozg'alıwı kerek bolğ'an nızamların' tolıq an'latılıwı bolıp tabıladı.

Aqırında usı maqalada bayanlang'an problemalardı islep shıg'arg'anda menin' dostım ha'm ka'siplesim M.Bessonın' en' isenimli ja'rdemshi bolğ'anlıg'ın atap o'temen.

Solay etip 1905-jılı arnawlı salıstırmalıq teoriyası do'retildi ha'm joqarıda ko'rgenimizdey bul printsip ken'islik penen waqıtqa bolğ'an adamzattın' ko'z-qarasların pu'tkilley o'zgeritiwge alıp keletug'in eki printsipke tiykarlang'an (biz keyinirek ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' tek bir printsipke ekvivalentlik printsipine tiykarlang'anlıg'ın ko'remiz):

1. Salıstırmalıq printsipi (keyinirek salıstırmalıqtın' arnawlı printsipi dep atala basladı). Barlıq fizikalıq qubılıslardı basqaratug'ın nızamlar bir birine salıstırğ'anda ten' o'lshewli ha'm tuwrı sızıqlı qozg'alatug'ın baqlawshılar ushın birdey (fizikanın' nızamları barlıq inertsiyal esaplaw sistemalarında birdey tu'rge iye¹⁰⁴, basqa so'z benen aytqanda fizikanın' nızamları barlıq inertsiyal esaplaw sistemalarına qarata invariant). Bul o'z gezeginde hesh bir baqlawshının' o'zi jaylasqan sistemanın' tınıshlıqta turg'anlıg'ın yamasa ten' o'lshewli tuwrı sızıqlı qozg'alısta ekenligin fizikalıq ta'jiriybe (mexanikalıq, elektromagnitlik ha'm basqalar) qoyıw arqalı bile almaytug'inlıg'ın bildiredi. Biz klassikalıq salıstırmalıq printsipinin' de tap usınday awhaldın' orın alatug'inlıg'ın, biraq bul jag'dayda tek mexikanın' nızamları haqqında ga'p etilgenligin joqarıda atap o'tken edik.

¹⁰⁴ Fizikanın' barlıq nızamları barlıq inertsiyalıq esaplaw sistemalarında birdey tu'rge iye bolıw menen bir qatar fizikalıq turaqlılar da barlıq inertsiyal esaplaw sistemalarında birdey ma'niske iye (mısalı jaqtılıqtın' vakuumdegi tezligi).

Demek Galileydin' salıstırmalıq printsipi «mexanikanın' barlıq nızamları barlıq inertsiyalıq esaplaw sistemalarına qarata invariant, al Eynshteynnin' salıstırmalıq printsipinde «fizikanın' barlıq nızamları barlıq inertsiyalıq esaplaw sistemalarına qarata invariant».

2. Jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlıg'ı printsipi. Jaqtılıq boslıqta barlıq bag'ıtlarda usı jaqtılıqtın' dereginin' yamasa baqlawshının' qozg'alısınan g'a'rezsiz birdey tezlik penen tarqaladı. Demek jaqtılıqtı hesh kim quwıp jete almaydı degen so'z. Hesh bir signaldın' ken'isliktegi tarqalıw tezligi jaqtılıqtın' tezliginen u'lken bola almaydı.

Ekinshi postulat Maykelsonnıń o'tkergen ta'jiriybelerinin' na'tiyjesiz bolg'anlıg'ının' sebebin birden tu'sindiredi

1905-jıl sentyabr ayı. $E = mc^2$ an'latpası haqqında.

«Denenin' massasın onda toplan' an energiyanın' o'lshegi», - dep juwmaq shıg'ardı Bern qalasındag'ı Federallıq patent biurosının' u'shinshi klass eksperti. [E9]. Eynshteyn 1906-jıl may ayında ol (bul waqıtları ol ekinshi klass texnikalıq eksperti edi) «massanın' saqlanıw nızamı energiyanın' saqlanıw nızamının' dara jag'dayı» dep jazdı [E10]. «Massa [m] inertsiya ma'nisinde mc^2 energiya mug'darına ekvivalent ... Bul na'tiyje og'ada a'hmiyetli teoriyalıq mag'anag'a iye: ... inert massa ha'm fizikalıq sistemanın' energiya bir tekli shamalar sıpatında qatnasadı» dep ol 1907-jılı atap o'tti. Massa menen energiyanın' ekvivalentliginin' dara jag'dayları haqqında shama menen 25 jılday belgili edi¹⁰⁵. 1905-jıldag'ı jumıstag'ı jan'alıq massa menen energiya arasındag'ı baylanıstı ulıwmalastırıwdan ibarat.

Eynshteynnin' 1905-jılı 27-sentyabr ku'ni jurnaldın' redaksiyasına kelip tu'sken «Denenin' inertsiyası usı denede toplan' an energiya g'a'rezli me?»¹⁰⁶ maqalasının' karaqalpaq tilindegi awdarmasın tolıg'ı menen beremiz¹⁰⁷:

A.Eynshteyn

DENENİN' INERTSIYASI USI DENEDE TOPLANG'AN ENERGIYADAN G'A'REZLI ME?

Bunnan burın basılıp shıqqan¹⁰⁸ izertlewde na'tiyjeleri bizdi keltirilip shıg'arılıwı usı maqalada beriletug'ın ju'da' qızıqlı na'tiyjelerge alıp keledi.

Bunnan buring'ı izertlewde men boslıq ushın jazıl' an Maksvell-Gertstin' ten'lemelerinen ha'm ken'islikten' elektromagnit energiya ushın jazıl' an Maksvell formulası menen bir qatarda mınaday printsipti bassılıqqa aldım:

Fizikalıq sistemalardıń hallarının' o'zgeriwin ta'ripleytug'ın nızamlar bul hallardıń o'zgerisleri ju'z беретug'ın bir birine salıstır'anda tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lshegi qozg'alatug'ın eki koordinatalar sistemasınan g'a'rezli emes (salıstırmalıq printsipi). Usınan kelip shıg'ıp¹⁰⁹ men

¹⁰⁵ Misalı 1905-jıldın' sentyabr aynası shekem-aq Frits Gazenorl quwıslıqtın' kinetikalıq energiya (kinetisheskaya energiya polosti) eger usı quwıslıqta nurlanıw bolsa onda usı sistemanın' massası u'lkeyetug'ında bolıp u'lkeyedi (yag'niy kinetikalıq energiya massanın' u'lkeyiwindey bolıp u'lkeyedi eken).

¹⁰⁶ *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?* Ann. Phys., 1905, **18**, 639-641.

¹⁰⁷ Karaqalpaq tilindegi bul maqalanın' adresi: www.abdikamalov.narod.ru.

¹⁰⁸ Ann. Phys., 1905, **17**, 891. (1-maqala).

¹⁰⁹ Sonda paydalanıl' an jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlılıg'ı printsipi a'lbette Maksvell ten'lemelerin-de bar.

dara jag'dayda to'mendegidey na'tiyjelerge keldim (joqarıda tsitatası keltirilgen jumıstın' 8-paragrafı).

Meyli (x, y, z) koordinatalar sistemasına tiyisli jaqtılıqtın' tegis tolqınların' sisteması l energiyag'a iye ha'm nurdın' bag'ıtı (tolqın frontına tu'sirilgen normal) sistemanın' x ko'sheri arasındag'ı mu'yesh φ bolsın. Eger usı (x, y, z) koordinatalar sistemasına salıstırğ'anda koordinata bası x ko'sheri bag'ıtında v tezligi menen tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lsheuli qozg'alatug'ın jan'a (ξ, η, ς) koordinatalar sistemasın kirgizetug'ın bolsaq, onda (ξ, η, ς) sistemasında o'lshegen jaqtılıqtın' energiyası mınaday boladı:

$$l^* = l \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}.$$

Bul an'latpadag'ı V jaqtılıqtın' tezligi. Bunnan bılay biz usı na'tiyjeden paydalanamız.

Meyli (x, y, z) sistemasında dene tınıshlıqta turg'an bolıp, onın' usı sistemasındag'ı energiyası E_0 bolsın. Joqarıda ayılğ'anday v tezligi menen qozg'alatug'ın (ξ, η, ς) koordinatalar sistemasındag'ı usı denenin' energiyası H_0 bolsın.

Meyli bul dene x ko'sheri menen φ mu'yeshin jasaytug'ın bag'ıtta energiyası $L/2$ shamasına ten' bolğ'an tolqın jibersin $[(x, y, z)$ sistemasına salıstırğ'anda o'lshegen] ha'm usının' menen bir waqıtta qarama-qarsı bag'ıtta da tap sonday tolqın jiberген bolsın. Usının' saldarınan dene (x, y, z) sistemasına salıstırğ'anda tınıshlıqta qaladı. Bul protsess ushın energiyanın' saqlanıw nızamının' orınlanıwı kerek, qala berse salıstırmalıq printsipine sa'ykes energiyanın' saqlanıw nızamı eki koordinatalar sisteması ushın da orınlanadı. Eger biz (x, y, z) sistemasına salıstırğ'andag'ı denenin' nurlanıwdan keyingi energiyasın E_1 arqalı, al (ξ, η, ς) koordinatalar sistemasına salıstırğ'andag'ı denenin' energiyasın H_1 arqalı belgilesek, onda joqarıda aling'an qatnastı paydalanıp

$$E_0 = E_1 + \left(\frac{L}{2} + \frac{L}{2} \right),$$

$$H_0 = H_1 + \frac{\frac{L}{2} \frac{1 - \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}}{\frac{1}{2}} + \frac{\frac{L}{2} \frac{1 + \frac{v}{V} \cos \varphi}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}}{\frac{1}{2}} = H_1 + \frac{L}{\sqrt{1 - (v/V)^2}}.$$

ekenligin tabamız.

Ekinshi ten'likten birinshisin alıp

$$(H_0 - E_0) - (H_1 - E_1) = L \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - (v/V)^2}} - 1 \right\}$$

an'latpasına iye bolamız. Bul an'latpadag'ı $H - E$ tu'rindegi eki ayırma da a'piwayı fizikalıq mag'anag'a iye.

H ha'm E bir birine salıstırğ'anda qozg'alatug'ın, usı sistemalardıń birinde dene tınıshlıqta (x, y, z) sistemasında] turatug'ın eki koordinata sistemalarındag'ı bir denenin' energiyaları bolıp tabıladı.

Solay etip $H - E$ ayırması bir sistemag'a salıstırğ'andag'ı (ξ, η, ζ) sistemasındag'ı] denenin' kinetikalıq energiyası K dan tek ıqtıyarlı additiv C shamasına g'ana parıq qıla aladı eken. Bul C shamasının' ma'nisi H ha'm E ler ushın jazılğ'an an'latpalardag'ı ıqtıyarlı additiv turaqlılıardı saylap alıwdan g'a'rezli. Usıg'an baylanışlı ha'm jaqtılıq shıg'arılğ'anda C shamasının' ma'nisi o'zgerissiz qalatug'ınlıg'ın basshılıqqa alıp biz

$$H_0 - E_0 = K_0 + C,$$

$$H_1 - E_1 = K_1 + C$$

dep boljay alamız.

Solay etip biz mınanı alamız:

$$K_0 - K_1 = L \left\{ \frac{1}{\sqrt{1 - (v/V)^2}} - 1 \right\}.$$

(ξ, η, ζ) sistemasında salıstırğ'anda jaqtılıq shıg'arılğ'anda denenin' kinetikalıq energiyası usı denenin' ta'biyatınan g'a'rezsiz shamag'a kishireyedi. Usının' menen birge elektronnın' kinetikalıq energiyası tezlikten qanday g'a'rezli bolsa $K_0 - K_1$ ayırması da tezlikten tap sonday g'a'rezli (joqarıda tsitata keltirilgen jumıstın' 10-paragrafi).

To'rtinshi ha'm onnan da joqarı ta'rtiptegi shamalardı esapqa almasaq

$$K_0 - K_1 = \frac{L}{V^2} \cdot \frac{v^2}{2}$$

an'latpasın alıwg'a boladı.

Bul ten'lemeden eger dene L energiyasın nur tu'rinde nurlandıratug'ın bolsa, onda onın' massasının' $\frac{L}{V^2}$ shamasına kishireyetug'ınlıg'ı tikkeley kelip shıg'adı. Usının' menen birge deneden alıng'an energiyanın' nurlanıw energiyasına tuwrı o'tiwinin' a'hmiyetli emes ekenligi ayqın ko'rinip tur. Sonlıqtan bul jerde biz ulıwmaraq juwmaqqa kelemiz.

Denenin' massası onda toplanğ'an energiyanın' o'lishemi bolıp tabıladı: eger energiya L shamasına o'zgeretug'ın bolsa, onda massa sa'ykes $L/(9 \cdot 10^{20})$ shamasına o'zgeredi. Bul an'latpada energiya erglerde, al massa grammlarda berilgen.

Energiyası u'lken da'rejede o'zgeretug'ın zatlar ushın teoriyanı tekserip ko'riw mu'mkinshiligi joq emes (mısalı radiy duzları ushın).

Eger teoriya faktlerge sa'ykes kelse, onda nurlanıw nurlanıwshı ha'm jutıwshı deneler arasında inertsiya alıp baradı.

ULIWMALIQ SALISTIRMALIQ TEORIYASI (*general theory of relativity*)

Salmaq massa ha'm inert massa. Klassikalıq mexanikag'a usap arnawlı salıstırmalıq teoriyası da «galileylik» baqlawshılarg'a, yag'nıy bir birine salıstırğ'anda ten' o'lsheqli, tuwrı sıızılı qozg'alıwshı baqlawshılarg'a artıqmashlıq berdi. Biraq galileylik esaplaw sistemalarına artıqmashlıq beriwdin' sebebi ne? Bunday sorawg'a juwap beriw an'sat bolg'na joq.

1907-jılı Eynshteyn bul sorawdı izertlewdi ha'm bul jumısların «klassikalıq fizikada ju'da' jaqsı belgili bolg'an bir faktti sın ko'z-qaras penen qayta qarap shıg'ıw» dan basladı. Klassikalıq fizikada inert massa deneye tu'sirilgen ku'shtin' usı ku'shtin' ta'sirinde dene alatug'ın tezleniwge qatnasına ten' turaqlı shama tu'rinde anıqlanadı. Al salmaq massa bolsa denenin' salmag'mın' salmaq ku'shinin' tezleniwine qatnası tu'rinde anıqlanadı. A'llette sol eki massa bir birine ten' dep juwmaq shıg'arıwg'a hesh qanday tiykar joq. Sebebi (mısal retinde) salmaqtın' (tartısıwdın') inert massanı anıqlawg'a qatnası joq. Eki massanın' bir birine ten' ekenligi (eger olardıń o'lshep birlikleri sa'ykes tu'rinde saylap alınsa) ta'jiriybede anıqlanatuğ'ın fakt bolıp tabıladı. Bunday faktler Niuton ta'repinen mayatnikler u'stinde ta'jiriybeler islengende, al onnan burın Galiley ta'repinen erkin tu'siwshi deneler menen islegen ta'jiriybelerinde o'tkerilgen ta'jiriybeler da'lliginde tastıyıqlandı. Deneler erkin tu'skende tezleniw salmaq massag'a tuwrı proporsional ha'm inert massag'a kerı proporsional. Barlıq deneler birdey tezleniw menen erkin tu'setuğ'ın bolg'anlıqtan eki massa da bir birine ten'. Tap usınday talqılaw Balyanide de boldı ha'm ol da salmaq massa menen inert massanın' bir birine ten' ekenligi ha'm salmaq ku'shi tezleniwiniń turaqlı ekenligi haqqında boljaw ayttı.

Keyinirek R.Etvesh 1890-jıldan 1910-jıllarg'a shekem o'tkerilgen ha'm 1922-jılı dawam etilgen ju'da' da'l ta'jiriybelerinde salmaq ha'm inert massalardıń ekvivalentliginin' jigirma millionnan bir da'lliginde durıs ekenligin da'lliledi. Etveshin' ta'jiriybeleri aspanın' salmaq massag'a g'a'rezli bolg'an Jerdin' tartıwı ha'm inert massag'a g'a'rezli bolg'an Jerdin' aylanıwı menen baylanıslı bolg'an oraydan qashıwshı ku'shler arasındag'ı ten' salmaqlıg'ı sha'rtine tiykarlang'an. Eger bul massalar birdey bolmag'anda, onda aspanın' bag'ıtı sol aspag'a ildirilgen shardın' materialınan (qorg'asın, temir, shiyshe ha'm basqalar) g'a'rezli bolg'na bolar edi. Biraq Etvesh og'ada sezgir burılıwshı ta'rezilerdin' ja'rdeminde aspanın' bag'ıtın o'zgertpeytug'ınlıg'ın taptı. Solay etip salmaq ha'm inert massalardıń birdey ekenligine gu'manlanıwdın' keregi bolg'an joq. Klassikalıq mexanika da bunday awhaldın' orın alatug'ınlıg'ına gu'manlang'an joq, biraq ol bul faktti tosınnan bolg'an fakt dep esaplap, eki massanın' birdey ekenligin tu'sindiriwge hesh qanday ha'reket etken joq.

1907-jılga jumısında Eynshteyn ko'rgizbeli pikirlewdiń ja'rdeminde salmaq ha'm inert massalardıń ten'ligi tosınnan bolg'an fakt emes, al gravitatsiyalıq maydannın' ishki qa'siyetinen kelip shıg'atug'ın ulıwmalıq xarakterge iye ekenligin ko'rsetti. Eynshteyn bunday juwmaqqa ha'zirgi waqıtları klassikalıq ta'jiriybege aylanğ'an erkin tu'siwshi lift qatnasatug'ın oydag'ı ta'jiriybenin' ja'rdeminde keldi. Ko'z aldımızg'a og'ada biyik jaydı ha'm bul jaydın' ishindegi erkin tu'siwshi lifttegi (yag'nıy lifttin' trosı u'zilip ketken ha'm sonlıqtan ol erkin tu'sken) fizikti keltireyik. Fizik qolında uslap turg'an na'rselerin (papkasın, qol telefonın ha'm basqalardı) jiberse, onda sol na'rselerdin' liftin' polına tu'speytug'ınlıg'ına isenedi. Eger fizik sol zatları iyterip jiberse, onda olar lift kabinasınıń diywalı menen soqlıg'ısqansha ten' o'lsheqli ha'm tuwrı sıızılı qozg'aladı. Fizik men sheklengen Galiley sistemasında turıppan dep juwmaq shıg'aradı. Bul jerde sheklengenlik sha'rti barlıq denelerdin' birdey tezleniwge iye bolıwı ushın za'ru'r. Biraq lifttin' erkin qulap tu'siwin sırttan baqlap turg'an ekinshi fizik bul jag'day haqqında pu'tkilley basqa pikirde boladı. Ol lifttin' ha'm onın' ishindegi barlıq zatlardın' Niuton nızamına sa'ykes Jerge qaray tezleniw menen qozg'alıp baratırğ'anlıg'ın ko'redi.

Bul misal eger gravitatsiyalıq maydandı esapqa alsaq Galiley sistemasınan tezleniwshi sistemag'a o'tiwge bolatug'ınlıg'ın ko'rsetedi. Basqa so'z benen aytqanda gravitatsiya maydanı (bul maydanda salmaq massa ko'rinedi) tezleniwshi qozg'alısqa (bunday qozg'alısta inert massa ko'rinedi) ekvivalent eken. Salmaq massa ha'm inert massa ha'r qıylı tu'rde qaralatug'ın materianın' bir qa'siyetin xarakterleydi. Usınday jollar menen Eynshteyn ekvivalentlik printsipine keldi ha'm bul printsipti o'zinin' o'mirbayanında bılayınsha ta'ripledi:

«Eger «inertsiallıq» esaplaw sistemasının' ornına og'an salıstırg'anda tezleniw menen qozg'alıwshı esaplaw sisteması kirgizilse, onda tartılıs maydanında (kishi ken'isliklik o'lshemlerge iye) bolap o'tetug'ın barlıq qubılıslar tartılıs joq ken'isliktegidey bolıp o'tedi».

Ekvivalentlik printsipin basqasha da aytıw mu'mkin: baqlawshı hesh qanday ta'jiriybe o'tkeriw jolı menen o'zinin' gravitatsiya maydanında yamasa ten' o'lshewli tezleniwshi esaplaw sistemasında turg'anlıg'ın ayıra almaydı (hesh bir ta'jiriybe gravitatsiya maydanı menen ten' o'lshewli tezleniw menen qozg'alıwshı esaplaw sisteması arasındag'ı ayırmanı anıqlay almaydı).

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası. Ekvivalentlik printsipi salıstırmalıq teoriyasın jan'a teoriyag'a aylandırıwıg'a mu'mkinshilik bergen negizgi noqat bolıp tabıladı. Bul teoriyanı Eynshteyn «ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası» dep atadı (1905-jılǵa teoriyanın' «arnawlı salıstırmalıq teoriyası» eske alıp o'temiz). Jan'a teoriya 1915-jılı tolıq do'retilip bolındı ha'm onın' tolıq bayanlaması onın' 1916-jılı jariq ko'rgen «*Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*» («Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' tiykarları») dep atalatug'ın u'iken maqalasında bayanlang'an. Bul maqala qaraqalpaq tiline awdarıldı ha'm ol tolıg'ı menen usı paragraftın' aqırında beriledi. Oqıwshı maqalanın' ekinshi bo'liminin' usı teoriyanı do'retiw ha'm rawajlandırıw ushın za'ru'rli bolǵan matematikalıq apparattı bayanlawg'a bag'ishlang'anlıg'ın ko'redi. Eynshteynnin' baxtına «absoliut differentsiallıq esaplaw» dep atalatug'ın bunday apparat 1900-jılǵa shekem Gregorio Rishshi-Kurbastro (1853-1925) ha'm Tullio Levi-SHivita (1873-1941) ta'repinen tolıq do'retilgen edi.

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' tiykarǵı postulatinın' mazmunı artıqmashlıqqa (privilegirovannie) iye esaplaw sistemalarınin' bolmaytug'ınlıg'ında.

«Fizikanın' nızamları,- deydi Eynshteyn,- o'zinin' ta'biyatı boyınsha iqtıyarlı tu'rde qozg'alıwshı sistemalarda paydalanıwıg'a bolatug'ınday bolıwı kerek¹¹⁰».

Demek fizikalıq qubılıslardıń nızamları tek Lorents tu'rlandırıwlerine qarata emes, al iqtıyarlı tu'rlandırıwlerge qarata da invariant bolıwı kerek. Basqa so'z benen aytqanda ***fizikanın' nızamları qa'legen esaplaw sistemalarına qarata invariant***.

Usı ayılǵ'anlarg'a baylanıslı Eynshteyn o'z teoriyasının' atın da'slep «invariantlar teoriyası» dep atamaqshı da boldı.

Bunnan Eynshteyn ta'repinen keltirilip shıǵ'arılǵ'an ma'tematikalıq juwmaqlardıń arnawlı salıstırmalıq teoriyası beretug'ın na'tiyjelerden a'hmiyetinin' to'men emes ekenligi kelip shıǵ'adı. Bul matematikalıq na'tiyjeler ken'islik ha'm waqıt tu'siniklerinin' bunnan bılayǵ'ı ulıwmalastırılıwlarına alıp keledi. Eger kinematikalıq o'zgeris qanday da bir esaplaw sistemasındag'ı gravitatsiya maydanın o'zgetetug'ın yamasa pu'tkilley joq etetug'ın bolsa, onda gravitatsiya menen kinematika arasında tıǵ'ız baylanıs bar degendi an'latadı. Al kinematika

¹¹⁰ Demek fizikanın' nızamları tek inertsiallıq esaplaw sistemalarınan qarata invariant emes, al qa'legen (tezleniwshi) esaplaw sistemalarına qarata da invariant boladı degen so'z.

to'rtinshi o'zgeriwshi bolg'an waqit qosilg'an geometriya bolg'anliqtan Eynshteyn gravitatsiya qubilisın ken'islik-waqıttın' geometriyası sıpatında interpretatsiyalaydı¹¹¹.

Demek ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyası boyınsha bizin' du'nyamız Evklid du'nyası emes eken (biz Evklid ken'isliginde jasap atırg'anımız joq eken), bizin' du'nyamızdın' geometriyalıq qa'siyetleri massalardıń tarqalıwı ha'm olardıń tezlikleri menen anıqlanadı.

Ha'zirgi waqıtları dan'qlı oydag'ı eksperimenttin' ja'rdeminde (bul eksperiment haqqında og'ada ko'p ba'sekilerdi payda etti) Eynshteyn kinematika ha'm geometriya arasındag'ı tıg'ız baylanıstın' bar ekenligin ayqın ko'rsete aldı. Bir baqlawshı sırtqı baqlawshıg'a salıstırg'anda tez aylanatug'ın do'n'gelek platformanın' u'stinde turg'an bolsın. Sırtqı baqlawshı o'zinin' Galiley esaplaw sistemasında platformanın' radiusınday radiusqa iye shen'ber sızadı, onın' uzınlıg'ın ha'm diametrin o'lsheydi ha'm sol shen'berdin' uzınlıg'ın diametrine bo'lip π shamasın aladı. Platformanın' u'stinde turg'an baqlawshı da tınıshlıqta turg'an baqlawshının' sızg'ıshınan paydalanıp tap sonday o'lshewlerdi ju'rgizedi. Platformanın' radiusı bag'ıtında qoyılğan sızg'ıstın' uzınlıg'ı sırtqı baqlawshıg'a salıstırg'anda qozg'alatug'ın bolsa da o'zgeriske ushıramaydı. Sebebi ol platforma radiusqa perpendikulyar bag'ıtta qozg'aladı. Biraq baqlawshı platformanın' perimetrin o'lshey baslasa, onda sırtqı baqlawshının' ko'z-qarasları boyınsha sızg'ıstın' uzınlıg'ı kishireyedi. Sebebi sızg'ısh bunday awhalda o'zinin' uzınlıg'ı bag'ıtında qozg'aladı (Lorents qısqarıwı). Na'tiyjede platforma uzınraq bolıp ko'rinedi ha'm π sanı ushın da'slepki eksperimenttegidin' u'ikenirek san alınadı.

Tap usınday qubilis waqıtta talqılalg'anda da alınadı. Birdey bolg'an eki saat alamız ha'm olardıń birin platformanın' orayına, al ekinshisin platformanın' shetine jaylastıramız. Bunday jag'dayda sırtqı baqlawshı shettegi saatın' platformanın' orayındag'ı saatqa salıstırg'anda a'sterek ju'retug'ınlıg'ın baqlaydı ha'm shettegi saat oraydag'ı saattan keyin qaladı dep juwmaq shıg'aradı.

Biraq ekvivaletnlik printsiplı boyınsha qozg'alıs qubılısları gravitatsiya qubılıslarına uqsas. Demek gravitatsiyalıq maydanda Evklid geometriyası durıs emes, al saat keyinde qaladı. Platforma misalı en' da'slep didaktikalıq a'hmiyetke iye; matematikalıq jaqtan gravitatsiyalıq maydannın' platformanın' oraydan qashıwshı ku'shinen parqı bar. Oraylıq massa ta'repinen payda etilgen gravitatsiya maydanında radial bag'ıttag'ı o'lshemler qısqaradı ha'm ko'ldeneni' bag'ıttag'ı o'lshemler o'zgerissiz qaladı. Sonlıqtan shen'berdin' uzınlıg'ının' diametrine qatnası π den kishi boladı. Eddington bul shamanın' qanshag'a o'zgeretug'ınlıg'ın esapladı: eger radiusı 5 metrge ten' bolg'an shen'berdin' orayına 1 tonna zat qoyılsa, onda π din' ma'nisi 24-belgide g'ana o'zgeriske u'shiraytug'ınlıg'ı kelip shıqtı.

Biz to'mende ilimdegi a'hmiyetinin' og'ada ullı ekenligin esapqa alıp A.Eynshteynnin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyası haqqındag'ı 1916-jılı jariq ko'rgen maqalasının' karaqalpaq tilindegi variantın tolıg'ı menen beremiz:

A.Eynshteyn

ULIWMALIQ SALISTIRMALIQ TEORIYASININ' TIYKARLARI¹¹²

¹¹¹ Da'lirek aytqanda gravitatsiyanı ken'islik-waqıttın' geometriyası tu'rinde ko'rsetedi (sa'wlelendiredi).

¹¹² Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Abm. Pby., 1916, 49, 769—822, (Bul jumıs Germaniyada bir neshe ret jariq ko'rđi; 1929-jılı 5-ret basıldı (Barth Verlag). Orissha awdarması «Printsip otnositelnosti» toplamında basıldı (GTTI, 1935-jıl)) (rus tiline awdarmasının' redaktorının' eskertiwi). Bul maqalanın' qaraqalpaq tilindegi awdarmasın www.abdikamalov.narod.ru web-saytınan aliwg'a boladı.

Bul jerde bayanlanatug'ın teoriya ha'zirgi waqıtları ba'rshege ma'lim bolg'an «salıstırmalıq teoriya» sını' en' radikal tu'rdegi ulıwmalastırıwı bolıp tabıladı. Sol «salıstırmalıq teoriya» sını bul jan'a teoriyadan ayırıw ushın «Arnawlı salıstırmalıq teoriyası» dep atayman ha'm oqıwshı onın' menen tanıs dep boljayman. Salıstırmalıq teoriyasın ulıwmalastırıw matematik Minkovskiydin' jumıslarına baylanıslı a'dewir an'satlastı. Ol birinshi bolıp arnawlı salıstırmalıq teoriyasındag'ı ken'isliklik koordinatalar menen waqıtlıq koordinatanın' formal tu'rdegi ten' huqıqlıg'ın ashıp ko'rsetti ha'm bul ten' huqıqlılıqtı teoriyanı du'ziw ushın paydalandı. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası ushın za'ru'rli bolg'an ja'rdemshi matematikalıq apparat «absoliut differentsial esaplaw» formasında Gauss, Riman ha'm Kristoffeldin' Evklidlik emes ken'isliklerge bag'ıshlang'an jumıslarında do'retildi. Rishshi ha'm Levi-SHivita ta'repinen sistemag'a tu'sirilgen bul esaplawlar teoriyalıq fizikanın' ma'selelerin sheshiw ushın paydalanıla basladı. Bul jumıstın B bo'liminde bizge za'ru'rli bolg'an, biraq fiziklerge belgisiz ja'rdemshi matematikalıq apparat mu'mkin bolg'anınsha a'piwayı ha'm tu'sinikli usıl menen bayanlang'an. Sonlıqtan bul jumıstı tu'siniw ushın matematikalıq a'debiyattı u'yreniwdin' za'ru'rli bolmaydı. Sonın' menen birge men bul jerde o'zımnın' dostım, matematik M.Grossmang'a alg'ıs aytaman. Ol menen arnawlı matematikalıq apparattı u'yreniwden qutqarıw menen bir qatar gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemesin keltirip shıg'arıwda qollap-quwatladı.

A. Salıstırmalıq postuladı haqqındag'ı printsipiallıq ko'z-qaraslar

§ 1. Arnawlı salıstırmalıq teoriyası boyınsha eskertiwler

Arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' tiykarında Galiley-Niuton mexanikasın da qanaatlandıratug'ın minaday postulat jatadı. Eger K koordinatalar sisteması usı sistemadag'ı fizikalıq nızamlar o'zinin' en' a'piwayı formasında durıs bolatug'ınday etip saylap aling'an bolsa, onda usı K sistemasına salıstırg'anda tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lshewli qozg'alatug'ın K' sistemasında da durıs boladı. Biz bul postulattı «arnawlı salıstırmalıq printsipi» dep ataymız. «Arnawlı» so'zi menen K'sistemasının' K sistemasına salıstırg'anda ten' o'lshewli ha'm tuwrı sızıqlı qozg'alatug'ınlig'ı atap o'tilgen. Sonın' menen birge K' ha'm K sistemaların' birdey bahada ekenligi K' sistemasının' K sistemasına salıstırg'andag'ı ten' o'lshewli emes qozg'alısına tiyisli emes.

Solay etip arnawlı salıstırmalıq teoriyası klassikalıq mexanikadan tek salıstırmalıq postuladı menen emes, al tiykarınan jaqtılıqtıqtın' boslıqtıg'ı tezliginin' turaqlılıq postuladı menen ayrıladı. Bunı arnawlı salıstırmalıq printsipi menen baylanıstırg'anda bir waqıtlılıqtın' salıstırmalılg'ı, Lorents tu'rlendiriwleri ha'm qozg'alıwshı qattı deneler menen saatlardın' qa'siyetlerine baylanıslı bolg'an nızamlar kelip shıg'adı.

Ken'islik penen waqıt arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' ta'sirinde teren' o'zgerislerge ushırag'an bolsa da, bir a'hmiyetli punkt o'zgerissiz qaldı. Arnawlı salıstırmalıq teoriyası boyınsha geometriyanın' na'tiyjeleri (tınıshlıqtıg'ı) qattı denelerdin' bir birine salıstırg'andag'ı jag'daylarına tiyisli bolg'an nızamlar a'hmiyetine, al kinematikanın' ulıwmalıq qag'ıydaları o'lshew a'sbapları menen saatlardın' qa'siyelerin ta'riplewshi nazımlar a'hmiyetine iye. Usınday jag'daylarda tınıshlıqtıg'ı (qattı) denenin' saylap aling'an eki materiallıq noqatına usı denenin' iyelep turg'an ornınan ha'm orientatsiyasınan, sonın' menen birge waqıttan g'a'rezsiz bolg'an tolıq anıqlang'an uzınlıqtıg'ı bazı bir kesindi sa'ykes keledi. Bazı bir koordinatalar sistemasına salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an saattın' eki ko'rsetiwine usı orınnan ha'm waqıttan g'a'rezsiz barlıq waqıtta da belgili bir shamadag'ı waqıt intervalı sa'ykes keledi. Biz tez arada ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' ken'islik penen waqıttı usınday etip a'piwayı fizikalıq tallawdı quwatlamaytug'ınlig'ın ko'remiz.

§ 2. Salıstırmalıq postulatın ken'eytiwdin' saldarınan kelip shıg'atug'ın bazı bir tiykarlar haqqında

Klassikalıq mexanikag'a ha'm ma'lim bir da'rejede arnawlı salıstırmalıq teoriyasına birinshi ret E.Max ta'repinen atap o'tilgen bir kemshilik ta'n. Bunı biz to'mendegi misalda anıqlaymız. Meyli birdey u'lkenliktegi ha'm birdey quramdag'ı eki suyıq dene ken'islikte bir birinen sonday qashıqlıqta turg'an bolsın (ha'm barlıq basqa da massalardan), bunday qashıqlıqta tek *bir denenin' ha'r qıylı bo'limleri arasındag'ı gravitatsiyalıq ku'shler g'ana* esapqa alınatug'ın bolsın. Meyli sol eki dene arasındag'ı qashıqlıq o'zgerissiz qalsın. Sonday-aq bir denenin' ha'r qıylı bo'limleri bir biri menen aralaspaytug'ın da bolsın. Endi baqlawshı alayıq ha'm bir suyıq deneg'e salıstırg'anda tınısh turg'an bul baqlawshıg'a salıstırg'anda ekinshi suyıq dene usı eki deneni tutastıratug'ın sızıq do'geresinde turaqlı mu'yeshlik tezlik penen aylanatug'ın bolsın (bul salıstırmalı qozg'alıstı barlıq waqıtta da tabıw mu'mkin). Endi eki denenin' de betleri (S_1 ha'm S_2) usı denelerge salıstırg'anda tınısh turg'an masshtablarg'a salıstırg'anda o'lshegen bolsın; meyli sol o'lsheuler na'tiyjesinde S_1 beti shar, al S_2 beti aylanıw ellipsoidı bolıp shıqsın.

Endi soraw payda boladı: qanday sebeplerge baylanıslı S_1 ha'm S_2 betleri ha'r qıylı bolıp shıqtı. Eger sebep sıpatında ko'rsetilgen jag'day *ta'jiriybede baqlanatug'ın fakt* bolıp tabılatug'ın bolsa, onda bul sorawg'a juwap teoriyalıq-biliw ko'z-qarasınan qanaatlandırarlıq dep tabılıwı mu'mkin¹¹³. Sebebi sebeplilik printsipi aqırg'ı esapta sebep penen na'tiyje tek baqlanatug'ın faktler bolıp shıg'atug'ın jag'daylarda g'ana du'nyadag'ı qubılıslar haqqındag'ı talqılaw ma'nisine iye boladı.

Niuton mexanikası bul sorawg'a qanaatlandırarlıq juwap bere almaydı. Ol bılay deydi. Mexikanın' nızamları S_1 denesi tınıshlıqta turg'an R_1 ken'isliginde g'ana orınlanadı, al S_2 denesi tınıshlıqta turg'an R_2 ken'isligi ushın orınlanbaydı. Biraq usı jag'daylar ushın qollanılatug'ın R_1 Galiley ken'isligi ushın (ha'm og'an salıstırg'andag'ı qozg'alıs) baqlanatug'ın fakt emes, al *jalg'an* sebep bolıp tabıladı. Solay etip biz qarap atırg'an jag'dayda Niuton mexanikasının' sebeplilik printsipinin' talapların tuwrıdan-tuwrı emes, al tek ko'rinerliktey etip qanaatlandıratug'ınlig'ı tu'sinikli boladı (S_1 ha'm S_2 betlerinin' ha'r qıylılıg'ı ushın juwapkershilikti jalg'an sebepk'e - R_1 ken'isligine awdaradı).

Joqarıda qoyılğ'an sorawg'a qanaatlandırarlıq juwap tek minaday boladı:

S_1 ha'm S_2 denelerinen turatug'ın fizikalıq sistema usı S_1 ha'm S_2 denelerinin' ha'r qıylı bolıw sebebin anıqlaw mu'mkinshiligin bere almaydı. Demek sebep usı sistemadan sırtta jaylasqan boladı. Bunnan S_1 ha'm S_2 denelerinin' formaların anıqlaytug'ın qozg'alıstın' ulıwmalıq nızamlarının' usı S_1 ha'm S_2 denelerinin' mexanikalıq qa'siyetelerinin' biz qarap atırg'an sistemag'a qospag'an alıstıg'ı massalarg'a belgili bir da'rejede baylanıslı bolatug'ınlig'ı kelip shıg'adı. Bul alıstıg'ı massalar (ha'm olardıń biz qarap atırg'an denelerge salıstırg'andag'ı salıstırmalı qozg'alısı) usınday jag'daylarda S_1 ha'm S_2 denelerinin' ha'r qıylı minez-qulqının' printsipiallıq jaqtan baqlanatug'ın sebebi sıpatında qaralıwı tiyis ja'ne olar R_1 jalg'an shamasının' ornına keledi. Eger biz ko'rsetilgen teoriyalıq-biliw kemshiligin saplastırg'ımız kelse, onda bir birine salıstırg'anda qa'legen tu'rdegi qozg'alıstıg'ı oyımızg'a sa'ykes keliwshi R_1 , R_2 , R_3 ha'm basqa da ken'isliklerdin' hesh qaysısına da artıqmashlıqtın' berilmewi kerek. Fizikanın' nızamları bir birine salıstırg'anda iqtıyarlı tu'rde qozg'alıwshı koordinatalar sisteması ushın durıs bolatug'ınday etip do'retiliwi tiyis. Tap usınday jollar menen biz salıstırmalıq printsipin ken'eytiwge kelemiz.

¹¹³ Basqa ta'jiriybelerge sa'ykes kelmegen jag'daylarda teoriyalıq-biliw ko'z-qarasınan qanaatlandırarlıq dep tabılğ'an juwap a'lbette fizikalıq jaqtan durıs emes bolıp tabıladı.

Bul a'hmietli teoriyalıq-biliw argumentinen basqa salıstırmalıq printsipin ken'eytiw za'ru'rigin ja'ne bir jaqsı belgili bolg'an fizikalıq fakt ko'rsetedi. Meyli K koordinatalar sisteması Galiley koordinatalar sisteması bolsın, yag'nıy usı koordinatalar sistemasına salıstırg'anda (en' keminde qarap atırıl'g'an to'rt o'lsheмли oblastta) basqa massalarg'a salıstırg'anda jetkilikli da'rejede qashıqlag'an bazı bir massa tuwrı sıızıqlı ha'm ten' o'lsheмли qozg'alatug'ın bolsın. Meyli K' koordinatalar sisteması K koordinatalar sistemasına salıstırg'anda ten' o'lsheмли tezleniw menen qozg'alsın. Bunday jag'dayda basqa massalardan jetkilikli tu'rde izolyatsiyalang'an massa K' sistemasına salıstırg'anda tezleniw menen qozg'aladı. Qala berse tezleniw de, bul tezleniwdin' bag'ıtı da usı massanın' ximiyalıq quramınan ha'm fizikalıq halınan g'a'rezli emes.

Bul jag'dayda K' koordinatalar sistemasına salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an baqlawshı «haqıyqatında» da tezleniwshi sistemada turman dep juwmaq shıg'ara ala ma? Bul sorawg'a teris juwap beriledi. Sebebi K' koordinatalar sistemasına salıstırg'anda erkin qozg'alıwshi massanın' jan'a g'ana ko'rsetilgen qa'siyeti mınaday ta'rtipte de jaqsı tu'sindirile aladı. K' koordinatalar sisteması tezleniwge iye emes, biraq qarap atırıl'g'an ken'islik-waqıtlıq oblastta gravitatsiya maydanı bar, al bul gravitatsiya maydanı K' esaplaw sistemasına salıstırg'anda denelerdin' tezleniwshi qozg'alısın ta'miyinleydi.

Tu'sindiriwdin' tap usınday tu'ri mınag'an baylanıslı kelip shıg'adı: ta'jiriybelerden barlıq denelerge birdey tezleniw beriw qa'siyetine iye ku'sh maydanının' (atap aytqanda gravitatsiya maydanının') bar ekenligi belgili¹¹⁴. K' koordinatalar sistemasına salıstırg'andag'ı denelerdin' mexanikalıq qa'siyetleri bizler «tınıshlıqtag'ı» yamasa «nızamlı» dep qarawg'a u'yrenge esaplaw sistemalarına qarata da ta'jiriybelerde birdey bolıp shıg'adı. Sonlıqtan fizikalıq ko'z-qaraslar boyınsha K ha'm K' sistemalarınin' ekewin de birdey huqıq penen «tınıshlıqtag'ı» dep qaraw ta'biyiy bolıp tabıladı. Basqa so'z benen aytqanda eki sistema da koordinata sistemaları sıpatında protsesslerdi fizikalıq ta'riplew ushın birdey huqıqqa iye.

Usınday ko'z-karaslardan ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasın do'retiw tartılıs teoriyasına da alıp keledi. Sebebi gravitatsiyalıq maydandı koordinatalar sistemasın a'piwayı o'zgeritiw jolı menen «payda etiw» mu'mkin. Bunnan keyin boslıqtag'ı jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlılıg'ı printsipinin' o'zgeritiliwinin' kerek ekenligi da'rha'l ko'zge tu'sedi. O'ytkeni eger jaqtılıq K esaplaw sistemasına salıstırg'anda tuwrı sıızıqlı ha'm turaqlı tezlik penen tarqalatug'ın bolsa, onda K' esaplaw sistemasına salıstırg'anda nurdın' traektoriyasının' iymek bolatug'ınlig'ına an'sat iseniwge boladı.

§ 3. Ken'islik-waqıtlıq kontinuum.

Ta'biyattın' ulıwmalıq nızamların an'latatug'ın ten'lemelerdin' ulıwmalıq kovariantlıg'ı talabı

Arnawlı salıstırmalıq teoriyasındag'ıday klassikalıq mexanikada ken'isliklik ha'm waqıtlıq koordinatalar tikkeley fizikalıq ma'niske iye. Bizler noqatlıq waqıya x_1 koordinatasına iye dep aytsaq, bul so'zler mınaday ma'niske iye boladı: Evklid geometriyası qa'deleri boyınsha qattı sterjennin' ja'rdeminde noqatlıq waqıyanın' X_1 ko'sherine tu'sirilgen proektsiyasın alıw ushın bazı bir sıızg'ısh bolg'an birlik masshtabtı aladı ha'm sol X_1 ko'sherinin' on' ta'repine x_1 ret o'lsheydi. Biz noqat $x_4 = t$ koordinatasına iye boladı dep aytsaq, onda koordinatalar sistemasına salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an ha'm noqatlıq waqıya menen ken'islikte sa'ykes keletug'ın saat

¹¹⁴ Etvish eksperimentte gravitatsiya maydanının' bunday qa'siyetke u'lken da'llikte iye ekenligin ko'rsetti.

(waqıt etalonı) boyınsha noqatlıq waqıya ju'z bergen waqıtta $x_4 = t$ da'wir o'tkenligin bildiredi¹¹⁵.

Ken'islik penen waqıttı usınday tu'siniw barlıq waqıtta da fiziklerdin' na'zerin o'zine qarattı (ko'pshilik jag'daylarda sanalı tu'rde emes). Bul jag'day usı tu'siniklerdin' fizikalıq o'lshewlerde qanday orın tutatug'ınlg'ınan anıq ko'rinip tur. Usınday tu'siniwdi oqıwshı keyingi paragraftag'ı ekinshi talqılıwdın' tiykarına qoyıw kerek (og'an bazı bir ma'nis beriw ushın). Biraq endi biz bul tu'sinikti taslap, onı arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' gravitatsiya maydanı bolmag'an jag'daylarda da saqlanatug'ınlg'ın esapqa alıp ulıwmalıraq tu'sinik penen almastırıwımızdın' kerek ekenligin ko'rsetemiz.

Biz gravitatsiyalıq maydang'a iye emes ken'islikke $K(x,y,z,t)$ Galiley koordinatalar sistemasın ha'm usı koordinatalar sistemasına salıstırg'anda ten' o'lshewli aylanatug'ın $K'(x,y,z,t)$ koordinatalar sistemasın kirgizemiz. Meyli usı eki sistemanın' koordinata basları bir noqatta jaylasqan bolsın ha'm Z ko'sherleri barlıq waqıtları bir biri menen sa'ykes kelsin. Endi uzınlıq penen waqıttın' fizikalıq anıqlamasına tiyisli bolg'an joqarıda keltirilgen anıqlamanı K' sisteması ushın paydalanıwg'a bolmaytug'ınlg'ın ko'rsetemiz. K sistemasının' XY koordinata tegisligindegi orayı koordinata basında bolg'an shen'berdi simmetriya tiykarında K' sistemasının' $X'Y'$ koordinata tegisligindegi shen'ber dep qarawg'a bolatug'ınlg'ı tu'sinikli. Endi mınanı ko'z aldımızg'a elesleteyik: bul shen'berdin' diametri menen uzınlıg'ı radiusqa salıstırg'anda sheksiz kishi bolg'an birlik masshtab ja'rdeminde o'lsheysin ha'm bunnan keyin eki ju'rgizilgen o'lshewdin' qatnası alınsın. Eger bul eksperimentti Galiley sistemasına salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an K sistemasının' masshtabı menen o'tkerilse, onda bul jag'day ushın π sanı alınadı. Al K' sistemasına salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an masshtab penen o'lshegen eksperimentte bul qatnas π den u'lken boladı. Bunın' durıslıg'ına eger o'lshew tınıshlıqta turg'an K sistemasındag'ı o'lshew protsessi haqqında talqılaytug'ın bolsaq ha'm sog'an sa'ykes shen'berge tu'sirilgen urınba Lorents qısqarıwına ushıraydı, al radial bag'ıtındag'ı masshtab o'zgermeydi dep esaplasaq an'sat iseniwge boladı. Sonlıqtan K' sisteması ushın Evklid geometriyası durıs bolmaydı; joqarıda keltirilgen Evklid geometriyası paydalanıwg'a boladı degen koordinatalar haqqındag'ı pikirler K' sisteması ushın paydalanıwg'a jaramsız bolıp shıg'adı. Tap sol sıyaqlı K' tegi waqıtqa qoyılğ'an fizikalıq talaplar K' ke salıstırg'anda tınıshlıqta turg'an birdey saattın' ko'rsetiwine sa'ykes keledi dep esaplawg'a da bolmaydı. Bunın' durıslıg'ına iseniw ushın koordinata basına ha'm shen'berdegi bir orıng'a tınıshlıqtıq'ı K sistemasınan baqlanatug'ın eki birdey saat ornalastırılğ'an bolsın. Arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' belgili juwmaqları boyınsha K sistemasında turıp baqlang'anda shen'ber boyınsha ornalastırılğ'an saat koordinata basına ornalastırılğ'an saatqa qarag'anda a'sterek ju'redi. Sebebi birinshisi qozg'aladı, al ekinshisi qozg'almaydı. Ulıwmalıq koordinata basında jaylasqan ha'm jaqtılıqtın' ja'rdeminde saatlardı ko're alatug'ın baqlawshı shen'ber boyında jaylasqan saattın' o'zinin' qasında turg'an saatqa salıstırg'anda a'sterek ju'retug'ınlg'ın bayqaydı. Baqlawshı jaqtılıqtın' ju'rip o'tken jolınin' waqıttın' funktsiyası dep esaplay almag'anlıqtan ol o'zinin' baqlawlarınin' na'tiyjesin shen'ber boyındag'ı saattın' o'zinin' qasında turg'an saatqa salıstırg'anda a'sterek ju'rgenliginen dep tu'sindiredi. Solay etip baqlawshı waqıtqa saatlardın' ju'riwinin' tezligi sol saatlardın' turg'an ornına g'a'rezli dep anıqlama beredi.

Solay etip biz mınaday juwmaqqa kelemiz: ken'isliklik koordinatalardıń ayırması tikkeley birlik masshtabın', al waqıttın' ayırması standart saatlardın' ja'rdeminde anıqlana almaytug'ın bolg'alıqtan ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasında ken'isliklik ha'm waqıtlıq shamalardıń shamasınin' tap usınday jollar menen anıqlanıwı mu'mkin emes.

¹¹⁵ Biz ken'isliktegi aralasqan waqıyatlar yamasa da'lirek aytqanda ken'islik-waqıtlıq tiyisiw (sa'ykes keliw) ushın «bir waqıtlıq» fundamentallıq tu'sinigine anıqlama bermesten konstatatsiyalaw mu'mkinshiligin beremiz

Demek ken'islik-waqıtlıq kontinuumdag'ı koordinatalar sistemasın du'ziw boyınsha buring'ı usıl jaramsız bolıp tabıladı. Ta'biyattın' nızamların a'piwayı etip jazıw mu'mkinshiligi bar koordinatalar sistemasın to'rt o'lsheмли du'nyag'a iykemlestiriw jolı joq bolıp shıg'adı. Solay etip oyımızg'a sa'ykes keliwshi koordinatalar sistemaları ta'biyattı ta'riplew ushın printsipiallıq jaqtan ten' huqıqlı dep juwmaq shıg'arıwdan basqa hesh na'rse de qalmaydı¹¹⁶. Bul mına talap penen birdey ku'shke iye: *ta'biyattın' ulıwmalıq nızamları barlıq koordinatalar sistemalarında da durıs bolatug'ın ten'lemeler arqalı an'latılıwı kerek, yag'nıy bul ten'lemeler qa'legen orın almasırlarwılg'a qarata kovariant bolıwı sha'rt (ulıwmakovariant)*.

Bul postulattı qanaatlandırıwshı fizikanın' salıstırmalıqtın' ulıwmalıq postulatın qanaatlandıratug'ını tu'sinikli. O'ytkeni barlıq orın almasırlarwılg'ın jıynag'ının' ishinde koordinata sistemaların' (u'sh o'lsheмли) barlıq salıstırmalı qozg'alıslarına sa'ykes keliwshi orın almasırlar bar. Ken'islik penen waqıttan fizikalıq predmetlilikin' en' son'g'ı qaldıqların da qaldırmaı joq qılatus'ın ulıwmalıq kovariantlılıq talabın' ta'biyiy ekenligi mına ko'z-karastan ko'rinedi. Bizin' barlıq ken'islik-waqıtlıq konstatatsiyalar barlıq waqıtta da ken'islik-waqıtlıq sa'ykes keliwshilikti tabıwg'a alıp keledi. Mısalı, eger waqıya tek noqatlardıń qozg'alıslan turatug'ın bolsa, onda aqır-ayag'ında usınday eki yamasa bir neshe noqatlardıń ushırasıwı baqlang'an bolar edi. Bizin' o'lshewlerimizdin' na'tiyjeleri de bizin' masshtabımızdag'ı materiallıq noqatlardıń basqa materiallıq noqatlar menen sonday ushırasıwların' konstatatsiyalawlardan basqa hesh na'rse emes (ha'm sog'an sa'ykes saat strelkaların' tsiferblat noqatların' ha'm bir orında ja'ne bir waqıtta bolıp o'tken noqatlıq waqıyaların' sa'ykes keliwi).

Koordinatalar sistemasının' kirgiziliwi sa'ykes keliwler jıynag'ın tek a'piwayı tu'rde ta'riplew ushın xızmet etedi. To'rt ken'islik-waqıtlıq x_1, x_2, x_3, x_4 o'zgeriwshileri ha'r bir noqatlıq waqıyag'a x_1, \dots, x_4 o'zgeriwshilerin' ma'nislerin' bazı bir sisteması sa'ykes keletug'ınday etip du'nya menen salıstırıladı. Bir biri menen sa'ykes keliwshi eki noqatlıq waqıyag'a x_1, \dots, x_4 o'zgeriwshilerin' ma'nislerin' birdey sisteması sa'ykes keledi (yag'nıy koordinatalardıń ten'ligi menen ta'riplenedi). Eger x_1, \dots, x_4 o'zgeriwshilerin' ornına ma'nislerin' sisteması bir ma'nisli tu'rde bir birine sa'ykes keliwi ushın jan'a koordinatalar sisteması sıpatında qa'legen to'rt x'_1, \dots, x'_4 funktsiyaları kirgiziletug'ın bolsa, onda jan'a sistemadag'ı sa'ykes koordinatalardıń ten'ligi eki noqatlıq waqıyanın' ken'islik-waqıtlıq sa'ykes keliwinin' an'latpası bolıp tabıladı. Bizin' barlıq fizikalıq ta'jiriybelik mag'lıwmatlarımızdı aqır-ayag'ında usınday sa'ykeslikke alıp keliw mu'mkin bolg'anlıqtan qanday da bir koordinatalar sistemasına aldın-ala artıqmashlıq beriwge tiykar joq (yag'nıy biz ulıwmalıq kovariantlıq talabına kelemiz).

§ 4. To'rt koordinatanın' ken'isliklik ha'm waqıtlıq o'lshewlerdin' na'tiyjeleri menen baylanısı. Gravitatsiyalıq maydan ushın analitikalıq an'latpa

Bul maqalada men ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasın aksiomaların' minimumındag'ı en' a'piwayı logikalıq sistema tu'rinde ko'rsetiwge trıspadım. Menin' baslı maqsetim – oqıwshının' saylap alıng'an joldın' psixologiyalıq juwapkershiligin seziwi ha'm tiykarına qoyıl'g'an jag'dayların' ta'jiriybe menen jaqsıraq sa'ykes keliwin basshılıqqa alıp teoriyanı bayanlaw. Usınday ma'niste biz mına jag'daydı kirgizemiz.

SHeksiz kishi to'rt o'lsheмли oblastlar ushın koordinatalar sistemasın qolaylı etip saylap alg'anda tar ma'nistegi salıstırmalıq teoriyası durıs.

¹¹⁶ Bir ma'nislilik ha'm u'zliksizlik talaplarman kelip shıg'atug'ın bazı bir sheklerge biz bul jerde kewil bo'lmeymiz.

Sheksiz kishi («jergilikli») koordinatalar sistemasının tezleniwshi qozg'alısı gravitatsiya maydanı bolmaytug'ınday etip saylap alınıwı kerek; sheksiz kishi oblast ushın bul sha'rt orınlanadı. Meyli X_1, X_2, X_3 ken'isliklik koordinatalar, al X_4 tiyisli masshtabta o'lshengen waqt koordinatası bolsın¹¹⁷. Eger birlik masshtab sıpatında u'lken emes o'lshemlerdegi qattı sızg'ısh berilgen dep ko'z aldımızg'a keltirsek, onda koordinatalar sistemasının berilgen orientatsiyası ushın bul koordinatalar arnawlı salıstırmalıq teoriyası sheklerinde tikkeley fizikalıq ma'niske iye boladı. Bunday jag'dayda

$$ds^2 = -dX_1^2 - dX_2^2 - dX_3^2 + dX_4^2 \quad (1)$$

an'latpası arnawlı salıstırmalıq teoriyasında ken'islik-waqıtlıq o'lshewler ja'rdeminde anıqlanatug'ın, jergilikli koordinatalar sistemasının orientatsiyasınan g'a'rezsiz bazı bir sanlıq ma'niske iye boladı. ds shamasın to'rt o'lshemli ken'isliktin bir birine sheksiz jaqın turg'an eki noqatına tiyisli bolg'an sızıqlı element dep ataymız. Eger (dX_1, \dots, dX_4) elementine sa'ykes keliwshi ds^2 shaması on' ma'niske iye bolsa, onda bizler Minkovskiy menen birlikte bunday elementti waqıtqa megzes, al qarama-qarsı jag'dayda ken'islikke megzes dep ataymız.

Biz qarap o'tken sızıqlı elementke yamasa sog'an sa'ykes bir birine sheksiz jaqın eki elementke bazı bir saylap alıng'an sistemanın dx_1, \dots, dx_4 differentsialları sa'ykes keledi. Eger biz qarap atırg'an orın ushın usınday koordinatalar sisteması ha'm joqarıdag'ıday tiptegi «jergilikli» sistema saylap alıng'an bolsa, onda dX_v shamaların dx_σ ke salıstırg'anda bir tekli ha'm sızıqlı bazı bir an'latpalar tu'rında ko'rsetiw mu'mkin:

$$dX_v = \sum_{\sigma} \alpha_{v\sigma} dx_{\sigma}. \quad (2)$$

Bul an'latpanı (1) ge qoyıp alamız:

$$ds^2 = \sum_{\sigma\tau} g_{\sigma\tau} dx_{\sigma} dx_{\tau}. \quad (3)$$

Bul an'latpada $g_{\sigma\tau}$ arqalı x_{σ} nın funksiyları belgilengen. Olar «jergilikli» koordinatalar sistemasının bag'ıtı menen qozg'alıs halınan g'a'rezli bola almaydı. Sebebi ds^2 ken'islik ha'm waqt boyınsha bir birine sheksiz kishi qashılıqtag'ı eki noqatlıq waqıyanın koordinatalar sistemasın saylap alıwdan g'a'rezsiz shama bolıp tabılardı. Usının menen birge $g_{\sigma\tau}$ shaması $g_{\sigma\tau} = g_{\tau\sigma}$ bolatug'ınday etip saylap alınıwı ja'ne summaw σ menen τ dın barlıq ma'nisleri boyınsha ju'rgiziliwi kerek. Sonlıqtan summa 4×4 qosılıwshıdan turadı, olardıń 12 si jup-juptan o'z-ara ten'.

A'dettegi salıstırmalıq teoriyası $g_{\sigma\tau}$ shaması shekli oblastta a'piwayı

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

¹¹⁷Waqıttın o'lshem birigin «jergilikli» koordinatalar sistemasında o'lshengen jaqtılıqtın boshlıqtag'ı tezligi birge ten' bolatug'ınday etip saylap alıw kerek.

ma'nisine iye bolatug'ınday etip koordinatalar sistemasın saylap alıng'andag'ı dara jag'day sıpatında alınadı.

Biz to'mende ulıwma jag'daylarda shekli oblastlar ushın usınday koordinatalardı saylap alıwdın' mu'mkin emes ekenligin ko'remiz.

2- ha'm 3-paragraflardag'ı talqılawlardan fizikalıq ko'z-qaraslar boyınsha $g_{\sigma\tau}$ shamaların' saylap alıng'an koordinatalar sistemasına salıstırg'andag'ı gravitatsiyalıq maydandı ta'ripleytug'ın shamalar ekenligi kelip shıg'adı. Haqıyqatında da biz da'slep koordinatalar sistemasın jaramlı etip saylap alg'anda qarap atırıl'ın to'rt o'lsheimli oblast ushın arnawlı salıstırmalıq teoriyasın durıs dep qabıl etemiz. Bunday jag'dayda $g_{\sigma\tau}$ shamaları (4) tegi ma'nislerge iye boladı. Bunday jag'dayda erkin materiallıq noqat bul sistemag'a salıstırg'anda tuwrı sıızıqlı ha'm ten' o'lshewli qozg'aladı. Endi eger ıqtıyarlı tu'rdegi tu'rlendiriw jolı menen jan'a x_1, \dots, x_4 ken'islik-waqıtlıq koordinatalardı kirgizetug'ın bolsaq, onda bul jan'a sistemada $g_{\sigma\tau}$ turaqlı shama bolmaydı, al ken'islik-waqıtlıq koordinatalardıń funksiya boladı. Usın'ın menen birge jan'a koordinatalar sistemasındag'ı materiallıq noqattın' qozg'alısı iymek sıızıqlı ha'm ten' o'lshewli emes. Qala berse qozg'alıs nızamı qozg'alıwshı materiallıq noqattın' ta'biyatınan g'a'rezli bolmaydı. Sonlıqtan bul qozg'alıstı gravitatsiya maydanın' ta'sirinde bolatug'ın qozg'alıs dep esaplaymız. Gravitatsiya maydanın' payda bolıwın' $g_{\mu\nu}$ shamasın' ken'islik-waqıtlıq koordinatalardan g'a'rezliligine baylanıslı ekenligin biz ko'remiz. Biraq ulıwmalıq jag'daylarda (koordinatalardı sa'ykes saylap alıwdın' na'tiyjesinde arnawlı salıstırmalıq teoriyasın ken'isliktin' shekli oblastına qollanıw mu'mkinshiligine biz iye bolmag'an jag'daylarda) biz $g_{\sigma\tau}$ shamaların gravitatsiyalıq maydandı ta'ripleydi degen ko'z-qarastı saqlap qalamız.

Solay etip ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası boyınsha basqa ku'shlerge salıstırg'anda (a'sirese elektromagnit ku'shlerge salıstırg'anda) gravitatsiyalıq ku'shler ayırıqsha orındı iyeleydi; sonın' menen bir qatarda gravitatsiya maydanın ta'riplewshı 10 dana $g_{\sigma\tau}$ funktsiyaları to'rt o'lsheimli ken'isliktin' metrlik qa'siyetlerin de anıqlaydı.

B. ULIWMALIQ KOVARIANT TEN'LEMELERDI KELTIRIP SHIG'ARIW USHIN ARNALG'AN JA'RDEMSHI MATEMATIKALIQ QURALLAR

Biz joqarıda salıstırmalıqtın' ulıwmalıq postulatın' fizikanın' ten'lemelerinin' x_1, \dots, x_4 koordinataların' qa'legen tu'rlendiriwlerine qarata kovariantlıg'ı talabına alıp keletug'ınlıg'ın ko'rsetti. Usıg'an baylanıslı endi usınday ulıwma kovariant ten'lemelerdi qalay alıwdın' mu'mkin ekenligin oylawımız kerek. Sonlıqtan endi taza matematikalıq ma'seleni sheshiwge dıqqatımızdı qaratamız; usın'ın barısında Gausstın' betler teoriyasına muwapıq «sıızıqlı element» dep atag'an, (3)-ten'lik penen berilgen ds invariantı usı ma'seleni sheshiwde tiykarg'ı orındı iyeleytug'ınlıg'ı anıq ko'rinedi.

Usı ulıwmalıq kovariant shamalar teoriyasın' tiykarg'ı ma'nisi mınadan ibarat: Meyli bazı bir ob'ektler («tenzorlar») koordinatalar sistemasına salıstırg'anda tenzordın' «qurawshıları» dep atalatug'ın bazı bir sandag'ı ken'isliklik funktsiyalar ja'rdeminde anıqlanatug'ın bolsın. Bunday jag'dayda eger da'slepki sistema ushın usı qurawshılar ha'm usı eki sistemanı baylanıstıratug'ın tu'rlendiriwler belgili bolsa, onda jan'a koordinatalar sisteması ushın bul qurawshılardı esaplawdın' anıq bir ta'rtpileri orın aladı. To'mende tenzorlar dep atalg'an bul ob'ektler olardıń qurawshılarının' tu'rlendiriw ten'lemelerinin' sıızıqlılıg'ı ha'm bir tekililigi menen xarakterlenedi.

Sonlıqtan da'slepki sistemada qurawshılardıń barlıg'ı da nolge ten' bolsa, jan'a sistemada da qurawshılardıń barlıg'ı da nolge ten' boladı. Usıg'an sa'ykes, eger ta'biyattın' qanday da bir nızamı bazı bir tenzordın' barlıq qurawshılarının' nolge ten' bolıwı menen ta'riplenetug'ın bolsa, onda ol ulıwmalıq kovariant bolıp tabıladı. Tenzorlardın' payda bolıw nızamların izertley otırıp, biz ulıwmalıq kovariantlıq nızamlardı ashıwǵa mu'mkinshilik beretug'ın quralǵa iye bolamız.

§ 5. Kontravariant ha'm kovariant to'rt o'lshemli vektor

Kontravariant to'rt o'lshemli vektor (4 vektor). Sızıqlı element to'rt dx_v qurawshının' ja'rdeminde anıqlanadı. Olardıń tu'rlendiriw nızamı mına tu'rge iye boladı:

$$dx'_\sigma = \sum_v \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_v} dx_v. \quad (5)$$

dx'_σ shaması dx_v arqalı sızıqlı ha'm bir tekli an'latıladı. Sonlıqtan bul differentsiallarg'a biz «tenzordın'» qurawshıları dep qaray alamız. Bul tenzorg'a endigiden bılay kontravariant 4 vektor dep at beremiz. Koordinatalar sistemasına qatnası boyınsha sol

$$A^{\sigma'} = \sum_v \frac{\partial x'_{\sigma'}}{\partial x_v} A^v \quad (5a)$$

nızamı boyınsha tu'rlendiriletug'ın A^v to'rt shamasının' tikkeley ja'rdeminde anıqlanatug'ın ob'ektti de biz kontravariant 4 vektor dep ataymız. (5a) dan $A^{\sigma'}$ menen $B^{\sigma'}$ lar 4 vektor bolıp tabılatus'ın bolsa $(A^{\sigma'} + B^{\sigma'})$ summasının' da 4 vektor bolatus'ınlig'ı ko'rinip tur. «Tenzorlar» sıpatında to'mende qabıl etilgen barlıq sistemalar ushın tap sonday jag'daylar kelip shıg'adı (tenzorlardı qosıw ha'm alıw qag'ıydası).

Kovariant to'rt o'lshemli vektor. Eger qa'legen iqtıyarlı tu'rde saylap aling'an B_v kontravariant vektorı ushın

$$\sum_v A_v B_v = \text{инвариант} \quad (6)$$

sha'rti orınlanatus'ın bolsa, onda biz A_v to'rt shamasın kovariant 4 vektordın' qurawshıları dep ataymız. Bul anıqlamalardan kovariant 4 vektordın' tu'rlendiriw nızamı kelip shıg'adı.

$$\sum_{\sigma'} A'_{\sigma'} B^{\sigma'} = \sum_v A_v B^v$$

ten'liginin' on' bo'legindegi B^v shamasın (5a) ten'liginen aling'an

$$\sum_v \frac{\partial x_v}{\partial x'_{\sigma'}} B^v$$

an'latpası menen almasıdır

$$\sum_{\sigma'} B^{\sigma'} \sum_v \frac{\partial x_v}{\partial x'_{\sigma'}} A_v = \sum_{\sigma'} B^{\sigma'} A'_{\sigma'}$$

ekenligine iye bolamız. Biraq bul jerden usı ten'liktegi B^σ 4 vektorının' ha'r qaysısı ıqtıyarlı ha'm basqalarınan g'a'rezsiz tu'rde alınatug'ın bolg'anlıqtan tu'rlendiriw nızamı kelip shıg'adı:

$$A_v' = \sum_v \frac{\partial x_v}{\partial x'_\sigma} A_v. \quad (7)$$

An'latpalardıń jazılıwın a'piwayılastırıw boyınsha eskertiw. Usı parağraftag'ı ten'lemelerdi qarap shıqqanda biz summawdın' tek summa astında eki ret qaytalanatug'ın belgi boyınsha ju'rgiziletug'ınlıg'ı birden ko'rinedi [mısalı (5) ten'liginin' on' ta'repindegi v belgisi]. Sonlıqtan anıqlıqqa zıyan keltirmesten summa belgisin alıp taslaw mu'mkin. Bunın' ushın biz mınaday qag'ıydı kirgizemiz: eger bazı bir an'latpanın' ag'zası qanday da bir indekske eki ret iye bolsa, onda usı belgi boyınsha summawdın' ju'rgiziliwi kerek (eger bug'an qarama-qarsı ma'nistegi eskertiw arnawlı tu'rde ayılmag'an bolsa).

Kovariant ha'm kontravariant 4 vektorlar arasındag'ı ayırma tek tu'rlendiriw nızamlarında ko'rinedi [(7)- ha'm (5)-qatnaslar]. Eki shama da joqarıda aytlıg'anday ma'niste tenzorlar bolıp tabıladı. Rishshi ha'm Levi-SHivitalar paydalang'an qag'ıydalar boyınsha belgini joqarag'a jazıp kontravariantlıqtı, al belgini to'menge jazıp kovariantlıqtı belgileymiz.

§ 6. Ekinshi ha'm onnan da joqarı rangalı tenzorlar

Kontravariant tenzor. Eger biz eki kontrovariant 4 vektordın' A^μ ha'm B^ν qurawshılarının' barlıq 16 dana $A^{\mu\nu}$ ko'beymeleri bolg'an

$$A^{\mu\nu} = A^\mu B^\nu \quad (8)$$

shamaların du'zetug'ın bolsaq, onda (8) ha'm (5a) g'a sa'ykes $A^{\mu\nu}$ qurawshıları mına tu'rlendiriw nızamın qanaatlandıradı:

$$A^{\sigma\tau} = \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\mu} \cdot \frac{\partial x'_\tau}{\partial x_\nu} A^{\mu\nu}. \quad (9)$$

Biz qa'legen koordinatalar sistemasında 16 shama (funktsiya) menen ta'riplenetug'ın, (9) tu'rlendiriw nızamın qanaatlandıratug'ın ob'ektti ekinshi rangalı kontravariant tenzor dep ataymız. Bunday tenzorlardın' barlıg'ın (8) din' ja'rdeminde eki 4 vektordan du'ziw mu'mkin emes. Biraq 16 dana ıqtıyarlı tu'rde berilgen $A^{\mu\nu}$ qurawshıların za'ru'rli bolg'an ta'rtipte saylap aling'an to'rt o'lsheimli vektorlardın' to'rt jup qurawshılarınan turatug'ın $A^\mu B^\nu$ tipindegi to'rt qosındının' summası tu'rinde ko'rsetiw mu'mkin ekenligin an'sat da'lillewge boladı. Sonlıqtan (9) dın' ja'rdeminde anıqlang'an ekinshi rangalı tenzor ushın durıs bolg'an barlıq jag'daylardı olardı (8) tipindegi arnawlı tenzorlar ushın da'lillew arqalı tekserip ko'riwge boladı.

Qa'legen rangalı kontravariant tenzor. (8) ha'm (9) g'a sa'ykes 4^3 ha'm basqa da qurawshılarına iye u'shinshi ha'm joqarı rangalı kontravariant tenzorlardı anıqlaw mu'mkin ekenligi ayqın. Sonın' menen birge (8) ha'm (9) dan usı ma'niste kontravariant 4 vektordı birinshi rangalı kontravariant tenzor sıpatında qaraw mu'mkin.

Kovariant tenzor. Eger, ekinshi ta'repten eki kovariant 4 vektordın' qurawshıları bolg'an A_μ ha'm B_ν lerdin'

$$A_{\mu\nu} = A_\mu B_\nu \quad (10)$$

g'a ten' bolg'an 16 ko'beymesin du'zetug'ın bolsaq, onda olar ushın mına tu'rlendiriw nızamı durıs boladı:

$$A'_{\sigma\tau} = \frac{\partial x_{\mu}}{\partial x'_{\sigma}} \cdot \frac{\partial x_{\nu}}{\partial x'_{\tau}} \cdot A_{\mu\nu}. \quad (11)$$

Usı tu'rlendiriw nızamı menen ekinshi rangalı kovariant tenzordın' anıqlaması beriledi. Kontravariant tenzorlar ushın joqarıda keltirilgen barlıq eskertiwler kovariant tenzorlar ushın da ku'shin saqlaydı.

Eskertiw. Skalyardı (invarianttı) nolinshi rangalı kontravariant yamasa kovariant tenzor dep qarag'an qolaylı.

Aralas tenzor. μ indeksine qarata kovariant ha'm ν indeksine qarata kontravariant

$$A^{\nu}_{\mu} = A_{\mu} B^{\nu} \quad (12)$$

ekinshi rangalı tenzorın du'ziw mu'mkin. Onın' tu'rlendiriw nızamı mına tu'rge iye

$$A^{\tau}_{\sigma} = \frac{\partial x'_{\tau}}{\partial x_{\beta}} \cdot \frac{\partial x_{\alpha}}{\partial x'_{\sigma}} \cdot A^{\beta}_{\alpha}. \quad (13)$$

A'llette ıqtıyarlı sandag'ı kovariant xarakterdegi indekslerge ha'm ıqtıyarlı sandag'ı kontravariant xarakterdegi indekslerge iye aralas tenzorlar bar. Kovariant ha'm kontravariant tenzorlardı aralas tenzorlardın' dara jag'dayları dep qaraw mu'mkin.

Simmetriyalı tenzorlar. Ekinshi yamasa joqarı rangalı kontravariant (yamasa kovariant) tenzor eger eki belgisin orın almasırg'anda bir birine ten' bolatug'ın bolsa simmetriyalı dep ataladı. Eger belgilerinin' qa'legen kombinatsiyası ushın

$$A^{\mu\nu} = A^{\nu\mu} \quad (14)$$

yamasa

$$A_{\mu\nu} = A_{\nu\mu} \quad (14a)$$

orın alatug'ın bolsa $A^{\mu\nu}$ (yamasa $A_{\mu\nu}$) tenzorı simmetriyalı boladı.

Usınday jollar menen anıqlang'an simmetriyanın' koordinatalar sistemasınan g'a'rezsiz ekenligin da'lilleymiz. Haqıyqatında da (14)- ha'm (9)-ten'likler tiykarında mınalar kelip shıg'adı:

$$A^{\sigma\tau} = \frac{\partial x'_{\sigma}}{\partial x_{\mu}} \frac{\partial x'_{\tau}}{\partial x_{\nu}} A^{\mu\nu} = \frac{\partial x'_{\sigma}}{\partial x_{\mu}} \frac{\partial x'_{\tau}}{\partial x_{\nu}} A^{\nu\mu} = \frac{\partial x'_{\tau}}{\partial x_{\mu}} \frac{\partial x'_{\sigma}}{\partial x_{\nu}} A^{\nu\mu} = A^{\tau\sigma}$$

Bul ten'liklerdin' en' aqırğ'ısının' aldın'g'ısı summalaw belgileri bolg'an μ ha'm ν lardın' orınların almasırtıp qoyıwg'a tiykarlang'an (yag'ınıy belgilew usılın a'piwayı tu'rde o'zgeritiwge tiykarlang'an).

Antisimmetriyalı tenzorlar. Eger qurawshılarının' ekewi qanday da bir eki belgilerinin' orınların almasırg'anda *shaması jag'ınan ten'*, *al belgileri boyınsha qarama-qarsı* bolatug'ın bolsa ekinshi, u'shinshi yamasa to'rtinshi rangalı kontravariant yamasa kovariant tenzor antisimmetriyalıq tenzor dep ataldı. Demek, eger

$$A^{\mu\nu} = -A^{\nu\mu} \quad (15)$$

yamasa

$$A_{\mu\nu} = -A_{\nu\mu} \quad (15a)$$

bolsa $A^{\mu\nu}$ (yamasa $A_{\mu\nu}$) tenzori antisimmetriyalıq tenzor bolıp tabıladı.

$A^{\mu\nu}$ dın' 16 qurawshısının' to'rt $A^{\mu\mu}$ qurawshısı nolge ten'. Basqaları jup juptan shaması boyınsha ten'dey ha'm qarama-qarsı belgilerge iye boladı. Sonlıqtan tek 6 sanlıq shaması boyınsha bir birine ten' emes qurawshıg'a iye boladı (6 vektor). $A^{\mu\nu\sigma}$ tenzori bolsa (u'shinshi rangalı) bir birinen san ma'nisi boyınsha pariқ qılatug'ın tek to'rt qurawshıg'a iye. Al antisimmetriyalı $A^{\mu\nu\sigma\tau}$ antisimmetriyalı tenzori tek bir qurawshıg'a iye. To'rt o'lsheмли kontinuumda rangası to'rtinshi rangalı tenzordan joqarı bolg'an tenzor joq.

§ 7. Tenzorlardı ko'beytiw

Tenzorlardın' sırtqı ko'beymesi. Eger birinshi tenzordın' barlıq qurawshıların ekinshi tenzordın' barlıq qurawshıları menen jup-juptan ko'beytip shıqsaq rangaları z ha'm z' bolg'an eki tenzordın' qurawshılarının rangası $z + z'$ bolg'an tenzordın' qurawshıları alınadı. Mısalı ha'r qıylı tiptegi A ha'm B tenzorlarınan T tenzorları bılayınsha alınadı:

$$\begin{aligned} T_{\mu\nu\sigma} &= A_{\mu\nu} B_{\sigma}, \\ T^{\alpha\beta\gamma\delta} &= A^{\alpha\beta} B^{\gamma\delta}, \\ T_{\alpha\beta}^{\gamma\delta} &= A_{\alpha\beta} B^{\gamma\delta}. \end{aligned}$$

T nın' tenzorlıq xarakterdegi ekenliginin' da'lili (8)-, (10)-, (12)-qatnaslardan yamasa (9)-, (11)-, (13)-tu'rlendiriw formulalarınan kelip shıg'adı. (8)-, (10)-, (12)-ten'liklerinin' o'zleri (ekinshi rangalı tenzorlardı) sırtqı ko'beytiwdin' mısalları bolıp xızmet etedi.

Aralas tenzordı «qısıw»¹¹⁸. Ha'r bir aralas tenzordan rangası eki birlikke kishi tenzordı payda etiwge boladı. Bunday jag'dayda kovariant xarakterdegi bir belgini kontravariant xarakterdegi belgige ten'ew ha'm usı belgi boyınsha summaw («qısıw») ju'rgiziw kerek. Solay etip, mısalı, to'rtinshi rangalı aralas tenzor $A_{\alpha\beta}^{\gamma\delta}$ dan ekinshi rangalı aralas tenzor

$$A_{\beta}^{\delta} = A_{\alpha\beta}^{\alpha\delta} \left(= \sum_{\alpha} A_{\alpha\beta}^{\alpha\delta} \right)$$

¹¹⁸ Russha «svertivanie» so'zi «qısıw» dep awdarılğ'an. Bul terminnin' ornına Eynshteyn "Komposition" yamasa "Verjüngung" co'zlerin qollang'an.

ha'm onnan qaytadan qisıw arqalı nolinshi rangalı tenzor alınadı:

$$A = A_{\beta}^{\beta} = A_{\alpha\beta}^{\alpha\beta}.$$

Qısıwdın' na'tiyjesinin' haqıyqatında da tenzorlıq xarakterge iye bolatug'ınlıg'ı (6)-qatnas penen (12) tenzorların ulıwmalastırıwdan yamasa (13)-qatnastı ulıwmalastırıwdan kelip shıg'adı.

Tenzorlardı ishki ha'm aralas ko'beytiw. Bunday ko'beytiw sırtqa ko'beytiw menen qısıwdın' kombinatsiyasınan turadı.

Mısallar. Ekinshi rangalı kovariant tenzor $A_{\mu\nu}$ menen birinshi rangalı kontravariant B^{σ} tenzorınan sırtqı ko'beytiw arqalı aralas tenzor du'zemiz

$$D_{\mu\nu}^{\sigma} = A_{\mu\nu} B^{\sigma}.$$

Qısıwdın' na'tiyjesinde ν ha'm σ indeksleri boyınsha to'rt o'lsheмли kovariant vektor payda boladı

$$D_{\mu} = D_{\mu\nu}^{\nu} = A_{\mu\nu} B^{\nu}.$$

Bul vektorlı biz $A_{\mu\nu}$ ha'm B^{σ} tenzorlarının' ishki ko'beymesi dep ataymız. Tap usınday jollar menen $A_{\mu\nu}$ ha'm $B^{\sigma\tau}$ tenzorlarınan sırtqı ko'beytiw ha'm eki ret qısıwdın' na'tiyjesinde $A_{\mu\nu} B^{\sigma\tau}$ ishki ko'beymesin alıw mu'mkin. $A_{\mu\nu}$ ha'm $B^{\sigma\tau}$ lardan sırtqı ko'beyme alıp ha'm qısıwdı orınlap ekinshi rangalı $D_{\mu}^{\tau} = A_{\mu\nu} B^{\nu\tau}$ aralas tenzorın alamız. Bul operatsiyanı aralas operatsiya dep atag'an qolaylı. Sebebi bul operatsiya μ ha'm τ belgilerine qarata sırtqı, al ν ha'm σ belgilerine qarata ishki boladı.

Endi shamanın' tenzorlıq xarakterge iye ekenligin anıqlag'anda jiyi qollanılatug'ın tastıyıqlawdı da'lilleymiz. Joqarıda bayanlang'anlar tiykarında eger $A_{\mu\nu}$ ha'm $B^{\sigma\tau}$ lar tenzorlar bolsa $A_{\mu\nu} B^{\sigma\tau}$ dın' skalyar bolatug'ınlıg'ın ko'remiz. Usının' menen bir qatarda *ıqtıyarlı* $B^{\mu\nu}$ *tenzori* ushın $A_{\mu\nu} B^{\mu\nu}$ invariant bolsa, onda $A_{\mu\nu}$ dın' tenzorlıq xarakterge iye bolatug'ınlıg'ı tastıyıqlanadı.

D a' l i l i. Boljaw boyınsha koordinatalardı qa'legen tu'rlandırıwde

$$A'_{\sigma\tau} B^{\sigma\tau} = A_{\mu\nu} B^{\mu\nu}$$

ten'liginin' orınlanıwı kerek. Biraq (9)-qatnastı aylandırıwdın'¹¹⁹ na'tiyjesinde mınag'an iye bolamız:

$$B^{\mu\nu} = \frac{\partial x_{\mu}}{\partial x'_{\sigma}} \cdot \frac{\partial x_{\nu}}{\partial x'_{\tau}} B^{\sigma\tau}.$$

$B^{\mu\nu}$ ge arnalg'an bul qatnastı joqarıdag'ı qatnasqa qoysaq alamız:

$$\left(A'_{\sigma\tau} - \frac{\partial x_{\mu}}{\partial x'_{\sigma}} \cdot \frac{\partial x_{\nu}}{\partial x'_{\tau}} A_{\mu\nu} \right) B^{\sigma\tau} = 0.$$

¹¹⁹ «Обращение» so'zi qaraqalpaqsha aylandırıw dep awdarılǵ'an (B.A.).

$B^{\sigma\tau}$ shamasın qanday etip alg'anda da, keyingi an'latpa qawsırma belgisi ishinde turg'an an'latpa tek nolge ten' bolg'anda g'ana orınlanadı. Bunnan (11)-an'latpag'a sa'ykes bizin' tastıyqlawımız kelip shıg'adı.

Bul teorema sa'ykes formada qa'legen rangadag'ı ha'm tiptegi tenzorlar ushın durıs. Bunin' da'lili barlıq waqıtta joqarıda keltirilgendey jol menen keltiriledi.

Joqarıda ko'rsetilgen tastıyqlawdı mınaday formada da da'lillew mu'mkin: Eger B^μ ha'm C^ν lar iqtıyarlı vektorlar bolsa ha'm olardı qa'legen tu'rde saylap alg'anda

$$A_{\mu\nu}B^\mu C^\nu$$

ishki ko'beymesi skalyar bolıp shıqsa, onda $A_{\mu\nu}$ kovariant vektor bolıp tabıladı. Bul B^μ 4 vektorın qa'legen tu'rde saylap alg'anda $A_{\mu\nu}B^\mu B^\nu$ skalyar ko'beymesi skalyar boladı dep tastıyqlang'anda ha'm $A_{\mu\nu}$ simmetriya sha'rti $A_{\mu\nu} = A_{\nu\mu}$ orınlang'andag'ı dara jag'day ushın da durıs. Haqıyqatında da joqarıda keltirilgendey jollar menen ju'rip $(A_{\mu\nu} + A_{\nu\mu})$ shamasının' tenzorlıq xarakterge iye ekenligi da'slep da'lillenedi, bunnan simmetriya qa'siyeti tiykarında $A_{\mu\nu}$ din' tenzorlıq xarakterge iye ekenligi tikkeley kelip shıg'adı. Bul tastıyqlawdı qa'legen rangalı kovariant ha'm kontravariant tenzorlar jag'dayları ushın an'sat ulıwmalastırıwg'a boladı.

En' aqırında joqarıda da'lillengenlerden qa'legen tenzorlar ushın ulıwmalastırıwg'a bolatug'ın tastıyqlaw kelip shıg'adı: eger B^ν 4 vektorın qa'legen tu'rde saylap alg'anda $A_{\mu\nu}B^\nu$ shamaları birinshi rangalı tenzordı payda etetug'ın bolsa, onda $A_{\mu\nu}$ ekinshi rangalı tenzor bolıp tabıladı. Haqıyqatında da eger C^μ iqtıyarlı 4 vektor bolsa, onda $A_{\mu\nu}B^\nu$ shamasının' tenzorlıq xarakterge iye ekenliginen C^μ ha'm B^ν 4 vektorların qa'legen tu'rde saylap alg'anda $A_{\mu\nu}C^\mu B^\nu$ ishki ko'beymesi skalyar bolıp tabıladı. Bunnan bizin' tastıyqlawımız kelip shıg'adı.

§ 8. $g_{\mu\nu}$ fundamentallıq tenzorının' bazı bir qa'siyetleri

Kovariant fundamentallıq tenzor. Sızıqlı elementtin' kvadratının' invariant an'latpası bolg'an

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu$$

an'latpasındag'ı dx_μ shaması iqtıyarlı kontravariant vektordın' ornın iyeleydi. Usının' menen bir qatarda $g_{\mu\nu} = g_{\nu\mu}$. Sonlıqtan keyingi paragrafta ayılğ'anlardan $g_{\mu\nu}$ dı ekinshi rangalı kovariant tenzor dep juwmaq shıg'aramız. Biz onı «fundamentallıq tenzor» dep ataymız ha'm to'mende bul tenzordın' bazı bir qa'siyetlerin keltirip shıg'aramız. A'llette bunday qa'siyetlerge ha'r bir ekinshi rangalı tenzor iye boladı. Biraq bizin' teoriyamızdag'ı gravitatsiyalıq ta'sir menen baylanıslı fundamentallıq tenzordın' ayırıqsha fizikalıq ma'nisi joqarıda da'lillengen qatnaslardı fundamentallıq tenzorg'a qollanıwdı ayırıqsha qızıqlı etedi.

Kontravariant fundamentallıq tenzor. Eger $g_{\mu\nu}$ lardan quralg'an anıqlawshıdag'ı¹²⁰ $g_{\mu\nu}$ elementlerine sa'ykes minorlar alınsa ha'm olardıń ha'r qaysısın $g = |g_{\mu\nu}|$ anıqlawshısına bo'lse, onda bazı bir $g^{\mu\nu} (=g^{\nu\mu})$ shamaları alınıp, olardıń kontravariant tenzordı quraytug'ınlig'ın da'lilleymiz.

Anıqlawshılar teoriyasınan belgili bolg'an teorema tiykarında mınag'an iye bolamız:

$$g_{\mu\sigma} g^{\nu\sigma} = \delta_\mu^\nu. \quad (16)$$

¹²⁰ «Opredelitel» so'zinin' ornına «anıqlawshı» so'zi qollanılg'an (B.A.).

Bul an'latpadag'ı δ_μ^ν shaması 1 ge ten' boladı, eger $\mu = \nu$ bolsa, al $\mu \neq \nu$ bolsa $\delta_\mu^\nu = 0$. ds^2 ushın keltirilgen an'latpadan bılay da jazıwǵ'a boladı:

$$g_{\mu\sigma} \delta_\nu^\sigma dx_\mu dx_\nu$$

yamasa (16) g'a sa'ykes

$$g_{\mu\sigma} g_{\nu\tau} g^{\sigma\tau} dx_\mu dx_\nu$$

dep jaza alamız. Biraq joqarıdag'ı paragrafta bayanlang'an ko'beytiw qag'ıydasına sa'ykes

$$d\xi_\sigma = g_{\mu\sigma} dx_\mu$$

shaması kovariant 4 vektordı, qala berse (dx_μ shamasın iqtıyarlı tu'rde saylap alıwdın' mu'mkinliginen) iqtıyarlı tu'rde saylap alıng'an 4 vektordı payda etedi. Onı bizin' an'latpamızg'a qoyıp mınanı alamız:

$$ds^2 = g^{\sigma\tau} d\xi_\sigma d\xi_\tau.$$

Bul an'latpa $d\xi_\sigma$ vektorın qa'legen tu'rde saylap alg'anda da skalyar bolatug'ın bolg'anlıqtan ha'm $g^{\sigma\tau}$ anıqlama boyınsha σ ha'm τ indekslerine qarata simmetriyalı. Sonlıqtan aldın'g'ı paragrafta alıng'an na'tiyjeler tiykarında $g^{\sigma\tau}$ kontravariant tenzor dep juwmaq shıg'aramız. Bunnan basqa (16) dan δ_ν^ν din' de tenzor ekenligi kelip shıg'adı. Bul tenzordı aralas fundamentallıq tenzor dep ataymız.

Fundamentallıq tenzordın' anıqlawshısı. Anıqlawshılardı ko'beytiw qag'ıydasına sa'ykes mınag'an iye bolamız:

$$|g_{\mu\alpha} g^{\alpha\nu}| = |g_{\mu\alpha}| \cdot |g^{\alpha\nu}|.$$

Ekinshi ta'repten

$$|g_{\mu\alpha} g^{\alpha\nu}| = |\delta_\mu^\nu| = 1.$$

Bunnan

$$|g_{\mu\alpha}| \cdot |g^{\alpha\nu}| = 1 \quad (17)$$

ekenligi kelip shıg'adı.

Invariant ko'lem. Da'slep $g = |g_{\mu\nu}|$ anıqlawshısının' tu'rleniw nızamın tawıp alamız. (11) ge sa'ykes

$$g' = \left| \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\sigma} g_{\mu\nu} \right|$$

an'latpasına iye bolamız. Bunnan anıqlawshılardı ko'beytiw qag'ıydası eki ret qollang'annan keyin mına an'latpa kelip shıg'adı:

$$g' = \left| \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \right| \cdot \left| \frac{\partial x_\nu}{\partial x'_\sigma} \right| \cdot |g_{\mu\nu}| = \left| \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \right|^2 g$$

yamasa

$$\sqrt{g'} = \left| \frac{\partial x_\mu}{\partial x'_\sigma} \right| \sqrt{g}.$$

Ekinshi ta'repten ko'lem elementi

$$d\tau' = \int dx_1 dx_2 dx_3 dx_4$$

nın' tu'rleniw nızamı belgili YAkobi teoreması boyınsha mına tu'rge iye boladı:

$$d\tau' = \left| \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x_\mu} \right| d\tau.$$

Keyingi ten'liklerdi ko'beytiw arqalı

$$\sqrt{g'} d\tau' = \sqrt{g} d\tau \quad (18)$$

ekenligine ko'z jetkeremiz.

Ken'islik-waqıtlıq kontinuum giperbolalıq xarakterge iye bolg'anlıqtan \sqrt{g} shamasının' ornına endigiden bılay barlıq waqıtta da haqıyqıy ma'niske iye bolatug'ın $\sqrt{-g}$ shaması alınadı. $\sqrt{-g} d\tau$ invariantı «jergilikli koordinatalar sistemasında» arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' printsipi boyınsha u'sh masshtab ha'm saattın' ja'rdeminde o'lshegen to'rt o'lsheмли ko'lem elementine ten'.

Ken'islik-waqıtlıq kontinuumnın' xarakteri haqqında eskertiw. Bizin' sheksiz kishi shamalarda arnawlı salıstırmalıq teoriyası durıs dep esaplawımız ds^2 shamasın (1) din' ja'rdeminde dx_1, \dots, dx_4 zatlıq shamalar arqalı an'latıwdın' mu'mkinligine alıp keledi. $d\tau_0$ arqalı «ta'biyiy» ko'lem elementi $dx_1 dx_2 dx_3 dx_4$ ti belgilep alamız:

$$d\tau_0 = \sqrt{-g} d\tau \quad (18a)$$

Eger to'rt o'lsheмли kontinuumnın' qanday da bir jerinde $\sqrt{-g}$ nolge aylansa, onda bul jag'day usı jerde shekli koordinatalıq ko'lemge sheksiz kishi (ta'biyiy) ko'lemnin' sa'ykes keletug'ınlıg'ın bildiredi. Bunday jag'day hesh jerde orınlanbaydı dep esaplaymız. Sonın' menen birge bunday jag'dayda g belgisin o'zgerte almaydı. Arnawlı salıstırmalıq teoriyasına sa'ykes g shamasın barlıq waqıtta shekli ha'm teris ma'nisli boladı dep esaplaymız. Bunday dep esaplaw biz qarap atırğ'an kontinuumnın' fizikalıq ta'biyatı haqqında bazı bir gipoteza, sonın' menen birge koordinatalar sistemasın saylap alıwg'a tiyisli bolg'an qag'ıyda da bolıp tabıladı.

Biraq –g on' ma'niske iye ham shekli bolsa, onda endi usi shama 1 ge ten' bolatug'in koordinatanı saylap alıw oyının' payda bolıwı ta'biyyi. Keyinirek biz koordinatalar sistemasın saylap alıwıg'a usınday shektin' qoyılıwının' na'tiyjesinde ta'biyattın' nızamların a'dewir a'piwayılastırıwıg'a bolatug'ınlıg'ın ko'remiz. Bunday jag'dayda (18)-ten'liktin' ornına

$$d\tau = d\tau'$$

ten'ligine iye bolamız. Bunnan YAkobi teoremasın dıqqatqa alsaq minı an'latpa kelip shıg'adı:

$$\left| \frac{\partial x'_\sigma}{\partial x'_\mu} \right| = 1. \quad (19)$$

Solay etip koordinatalar sistemasın tap usınday etip saylap alg'anda anıqlawshısı tek 1 ge ten' bolg'an koordinatalardı tu'rlendiriwge boladı.

Biraq bunday usıldı qollanıw ulıwmalıq salıstırmalıq printsipinen bas tartıw degendi an'latpaydı. Biz sorawdı «anıqlawshısı 1 ge ten' bolg'an barlıq tu'rlendiriwlerge qatnası boyınsha kovariant bolg'an ta'biyattın' nızamları qanday boladı» dep bermeymiz. Biraq biz «ta'biyattın' *ulıwma kovariantlıq* nızamları qanday boladı» dep soraw beremiz. Usınday nızamlar tabılg'annan keyin g'ana olardıń an'latpaların koordinata sistemaların ayırıqsha etip saylap alıwdın' na'tiyjesinde a'piwayılastıramız.

Fundamentallıq tenzordın' ja'rdeminde jan'a tenzorlardı payda etiw. Qanday da bir tenzordı fundamentallıq tenzorg'a ishki, sırtqı ha'm aralas ko'beytiwdin' na'tiyjesinde basqa xarakterdegi ha'm rangadag'ı tenzorlar payda boladı.

Mısallar:

$$A^\mu = g^{\mu\sigma} A_\sigma,$$

$$A = g_{\mu\nu} A^{\mu\nu}.$$

To'mendegi kombinatsiyalardı ayırıqsha atap o'temiz:

$$A^{\mu\nu} = g^{\mu\nu} g^{\alpha\beta} A_{\alpha\beta},$$

$$A_{\mu\nu} = g_{\mu\nu} g_{\alpha\beta} A^{\alpha\beta}$$

(kovariant ha'm, sa'ykes, kontravariant tenzorg'a «qosımshalar») ha'm

$$B_{\mu\nu} = g_{\mu\nu} g^{\alpha\beta} A_{\alpha\beta}.$$

Biz $B_{\mu\nu}$ tenzorın $A_{\mu\nu}$ ge qarata reduktsiyalang'an tenzor dep ataymız. Tap sog'an sa'ykes iye bolamız:

$$B^{\mu\nu} = g^{\mu\nu} g_{\alpha\beta} A^{\alpha\beta}.$$

Biz $g^{\mu\nu}$ nin' $g_{\mu\nu}$ ge qatnası boyınsha «qosımsha»¹²¹ dan basqa hesh na'rse emes ekenligin an'g'aramız. O'ytkeni

$$g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} g_{\alpha\beta} = g^{\mu\alpha} \delta_{\alpha}^{\nu} = g^{\mu\nu}.$$

§ 9. Geodeziyalıq sızıqtın' ten'lemesi (noqattın' qozg'alıs ten'lemesi)

«Sızıqlı element» ds koordinatalar sistemasınan g'a'rezsiz anıqlang'an shama bolg'anlıqtan to'rt o'lishemli kontinuumnın' P_1 ha'm P_2 noqatları arqalı o'tkerilgen sızıq ushın da koordinatanı saylap alıwdan g'a'rezsiz $\int ds$ shaması ekstremal ma'nisti qabıl etedi (geodeziyalıq). Onın' ten'lemesi minı tu'rge iye boladı

$$\delta \left\{ \int_{P_1}^{P_2} ds \right\} = 0. \quad (20)$$

Bunnan variatsiyanı orınlap belgili usıl menen to'rt a'dettegi differentialsıllıq ten'leme alınadı. Bul to'rt ten'leme geodeziyalıq sızıqtı anıqlaydı. Bayanlawdın' tolıq bolıwı ushın biz sol keltirip shıg'arıwdı tolıg'ı menen beremiz. Meyli λ arqalı x_v koordinatasının' bazı bir funktsiyası belgilengen bolsın. Bul funktsiya biz qarap atırg'an P_1 ha'm P_2 noqatların tutastratug'ın geodeziyalıq sızıqtı ha'm sol sızıqqa sheksiz jaqın jaylasqan iymekliklerdi kesip o'tetug'ın betlerdin' semeystvosın anıqlaydı. Bunday jag'dayda usı iymekliklerdin' ha'r qaysısın λ arqalı an'latıl'g'an o'zinin' x_v koordinataları menen berilgen dep ko'z aldıg'a keltiriwge boladı. Meyli δ simvoli biz qarap atırg'an geodeziyalıq sızıqtın' qanday da bir noqatınan qon'ısı iymekliktin' λ nin' sol ma'nisine iye noqatına o'tiwge sa'ykes kelsin. Bunday jag'dayda (20)-ten'lemeni minag'an almastramız

$$\left. \begin{aligned} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \delta \omega d\lambda &= 0, \\ \omega^2 &= g_{\mu\nu} \frac{dx_{\mu}}{d\lambda} \frac{dx_{\nu}}{d\lambda}. \end{aligned} \right\} \quad (20a)$$

$$\delta \omega = \frac{1}{\omega} \left\{ \frac{1}{2} \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} \frac{dx_{\mu}}{d\lambda} \frac{dx_{\nu}}{d\lambda} \delta x_{\sigma} + g_{\mu\nu} \frac{dx_{\mu}}{d\lambda} \delta \left(\frac{dx_{\nu}}{d\lambda} \right) \right\}$$

ha'm

$$\delta \left(\frac{dx_{\nu}}{d\lambda} \right) = \frac{d\delta x_{\nu}}{d\lambda}$$

bolg'anlıqtan bul ma'nislerdi (20a) g'a qoyıp ha'm bo'leklerge bo'lip integrallag'annan keyin minanı alamız

¹²¹ Matematikalıq termin «dopolnenie» qaraqalpaq tiline «qosımsha» dep awdarıl'g'an (B.A.).

$$\left. \begin{aligned} \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\lambda \kappa_\sigma \delta x_\sigma &= 0, \\ \kappa_\sigma &= \frac{d}{d\lambda} \left\{ \frac{g_{\mu\sigma}}{\omega} \frac{dx_\mu}{d\lambda} \right\} - \frac{1}{2\omega} \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \frac{dx_\mu}{d\lambda} \frac{dx_\nu}{d\lambda}. \end{aligned} \right\} \quad (20b)$$

Bunnan δx_σ nın' iqtıyarlılıg'ınan κ_σ nın' nolge ten' ekenligi kelip shıg'adı. Solay etip

$$\kappa_\sigma = 0. \quad (20v)$$

ten'ligi geodeziyalıq sızıqtın' ten'lemesi bolıp tabıladı. Eger biz qarap atırğ'an geodeziyalıq sızıqtın' u'stinde $ds \neq 0$ bolsa, onda λ parametri sıpatında geodeziyalıq sızıq boyınsha o'lishengen «dog'anın' uzınlıg'ın» saylap alıwg'a boladı. Bunday jag'dayda $\omega = 1$ ha'm (20v) nın' ornına alamız

$$g_{\mu\nu} \frac{d^2 x_\mu}{ds^2} + \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \frac{dx_\sigma}{d\lambda} \frac{dx_\mu}{d\lambda} - \frac{1}{2} \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \frac{dx_\mu}{d\lambda} \frac{dx_\nu}{d\lambda} = 0$$

yamasa belgilewlerdi o'zgertsek

$$g_{\alpha\sigma} \frac{d^2 x_\alpha}{ds^2} + \left[\begin{matrix} \mu\nu \\ \sigma \end{matrix} \right] \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds} = 0. \quad (20g)$$

Bul jerde Kristoffelge sa'ykes biz bılayınsha belgilew qabıl ettik

$$\left[\begin{matrix} \mu\nu \\ \sigma \end{matrix} \right] = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial g_{\mu\sigma}}{\partial x_\nu} + \frac{\partial g_{\nu\sigma}}{\partial x_\mu} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} \right) \quad (21)$$

En' aqırında (20g) ten'lemeni $g^{\sigma\tau}$ g'a ko'beytip (τ g'a salıstırğ'anda sırtqı ha'm σ g'a salıstırğ'anda ishki ko'beytiw) geodeziyalıq sızıqtın' en' aqırğ'ı tu'rdegi ten'lemesin alamız:

$$\frac{d^2 x_\tau}{ds^2} + \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\} \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds} = 0. \quad (22)$$

Bul jerde Kristoffelge sa'ykes mnaday belgilew kiritilgen:

$$\left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\} = g^{\tau\alpha} \left[\begin{matrix} \mu\nu \\ \alpha \end{matrix} \right]. \quad (23)$$

§ 10. Differentsiallaw arqalı tenzorlardı payda etiw

Endi geodeziyalıq sızıqtın' ten'lemesin paydalanıp differentsiallaw arqalı tenzorlardan jan'a tenzorlar payda etiw qag'ıydaların keltirip shıg'aramız. Bul kag'ıydalar ulıwmakovariant differentsial ten'lemelerdi alıwg'a mu'mkinshilik beredi. Bul maqsetke biz to'mende keltirilgen operatsiyalardı qaytadan qollanıw arqalı jetemiz.

Eger bizin' kontinuumda uzunlıg'ı iymekliktin' bazı bir belgili noqatınan baslap o'lsenetug'in uzunlıg'ı s penen xarakterlenetug'in iymeklik berilgen ha'm φ koordinatalardın' invariant funksiya bolsa, onda $\frac{d\varphi}{ds}$ te invariant bolıp tabıladı. Bunın' da'lili $d\varphi$ din' de, ds tın' da invariantlılıg'ında.

$$\frac{d\varphi}{ds} = \frac{\partial\varphi}{\partial x_\mu} \frac{dx_\mu}{ds}$$

bolg'anlıqtan

$$\psi = \frac{\partial\varphi}{\partial x_\mu} \frac{dx_\mu}{ds}$$

shaması da invariant bolıp tabıladı. Qala berse bul shama kontinuumnın' bir noqatınan shıg'atug'in barlıq iymeklikleri, yag'nıy qa'legen dx_μ vektorı ushın invariant boladı. Bunnan

$$A_\mu = \frac{\partial\varphi}{\partial x_\mu}$$

shamasının' to'rt o'lshepli kovariant vektor ekenligi kelip shıg'adı (grad φ).

Bizin' qag'ıydamızg'a sa'ykes iymekliktin' boyı boyınsha aling'an tuwındı

$$\chi = \frac{d\psi}{ds}$$

te invariant boladı.

ψ din' ma'nisin qoyıp da'slep

$$\chi = \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_\mu \partial x_\nu} \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds} + \frac{\partial\varphi}{\partial x_\mu} \frac{d^2x_\mu}{ds^2}$$

an'latpasın alamız. Bunnan ha'zirshe qanday da bir tenzordın' bar ekenligi haqqında aytıwg'a bolmaydı. Biraq biz boyı boyınsha differentsiallag'an iymeklikti geodeziyalıq iymeklik dep esaplasaq, onda $\frac{d^2x_\nu}{ds^2}$ shamasın (22)-formuladag'ı an'latpa menen almastırıp mınanı alamız:

$$\chi = \left\{ \frac{\partial^2\varphi}{\partial x_\mu \partial x_\nu} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\} \frac{d\omega}{dx_\tau} \right\} \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds}.$$

μ ha'm ν boyınsha differentsiallawdın' ta'rtibin o'zgertiw mu'mkinshiliginen, simmetriya boyınsha, (23) ha'm (21) den, $\left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\}$ dı μ ha'm ν boyınsha o'zgertiwdin' mu'mkinshiliginen,

figuralıq qawsırma ishinde turg'an an'latpalardın' sol indekslerge qarata simmetriyalılıg'ı kelip shıg'adı. Kontinuumnın' qa'legen noqatınan qa'legen bag'ıtta geodeziyalıq sıziq o'tkeriwge

bolatug'ın bolg'anlıqtan ha'm sog'an sa'ykes $\frac{dx_\mu}{ds}$ qurawshıları arasındag'ı qatnaslar ıqtıyarlı bolg'an 4 vektor bolg'anlıqtan 7-paragrafta alıng'an juwmaqlar tiykarında

$$A_{\mu\nu} = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_\mu \partial x_\nu} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\} \frac{\partial \phi}{\partial x_\tau} \quad (25)$$

shamasının' ekinshi rangalı kovariant tenzor ekenligi kelip shıg'adı. Solay etip birinshi rangalı

$$A_\mu = \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

kovariant tenzordan differentialsallaw arqalı ekinshi rangalı

$$A_{\mu\nu} = \frac{\partial A_\mu}{\partial x_\nu} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\} A_\tau \quad (26)$$

kovariant tenzorın alıwg'a boladı eken. $A_{\mu\nu}$ tenzorın A_μ tenzorının' kovariant tuwındısı dep ataymız¹²². En' da'slep A_μ tenzorın gradient tu'rinde qaramag'anda da biz qollang'an tenzor du'ziw usılının' tenzorg'a alıp keletug'ınlıg'ın an'sat ko'rsetiwge boladı. Bunın' durısılg'ına iseniw ushın eger ψ menen ϕ ler skalyarlar bolg'an jag'dayda da biz aldın ala

$$\psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

shamasının' kovariant 4 vektor ekenligin an'g'aramız. Tap usınday jag'day eger $\psi^{(1)}, \dots, \psi^{(4)}$ ler skalyarlar bolg'anda da biz ko'rsetkendey to'rt ag'zadan turatug'ın qosındı ushın da durıs:

$$S_\mu = \psi^{(1)} \frac{\partial \phi^{(1)}}{\partial x_\mu} + \dots + \psi^{(4)} \frac{\partial \phi^{(4)}}{\partial x_\mu}.$$

Biraq ha'r bir kovariant 4 vektordın' S_μ tu'rinde ko'rsetiliwinin' mu'mkin ekenligi tu'sinikli. Eger A_μ qurawshıları x_ν dn' ıqtıyarlı tu'rde berilgen funktsiyaları bolg'an 4 vektor bolsa, onda S_μ nin' A_μ ge ten' bolıwı ushın (saylap alıng'an koordinatar sistemasına salıstırg'anda)

$$\begin{aligned} \psi^{(1)} &= A_1, & \phi^{(1)} &= x_1, \\ \psi^{(2)} &= A_2, & \phi^{(2)} &= x_2, \\ \psi^{(3)} &= A_3, & \phi^{(3)} &= x_3, \\ \psi^{(4)} &= A_4, & \phi^{(4)} &= x_4 \end{aligned}$$

dep esaplaw jetkilikli.

¹²² Awdarmada Eynshteyn ta'repinen qollanılg'an «ken'eyiw» termininin' ornına ha'zirgi waqıtları qabıl etilgen termin qollanılg'an (rus tilindegi tekst redaktorının' eskertiwi).

Usıg'an baylanısı (26) ten'liginin' on' bo'liminde A_μ dın' ornına ıqtıyarlı kovariant 4 vektor qoyılsa $A_{\mu\nu}$ dın' tenzor bolatug'ınlıg'ın da'lillew ushın usının' 4 vektor S_μ ushın durıs ekenligin ko'rsetiw jetkilikli. Biraq (26) nın' on' ta'repinen da'lillewdin'

$$A_\mu = \psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

jag'dayı ushın keltiriliwinin' jetkilikli ekenligi da'rha'l ko'rinedi. ψ ge ko'beytilgen (25) tin' on' ta'repi, yag'nıy

$$\psi \frac{\partial^2 \phi}{\partial x_\mu \partial x_\nu} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\} \psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\tau}$$

tenzorlıq xarakterge iye. Tap da'l sol sıyaqlı

$$\frac{\partial \psi}{\partial x_\mu} \frac{\partial \phi}{\partial x_\nu}$$

shaması da tenzor bolıp tabıladı (eki 4 vektordın' sırtqı ko'beymesi). Qosıw arqalı biz

$$\frac{\partial}{\partial x_\nu} \left(\psi \frac{\partial \psi}{\partial x_\mu} \right) - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \tau \end{matrix} \right\} \left(\psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\tau} \right)$$

dın' da tenzorlıq xarakterge iye ekenligin ko'remiz. Usılay etip (26) da ko'rinip turg'anınday

$$\psi \frac{\partial \phi}{\partial x_\mu}$$

4 vektorı ushın za'ru'rli bolg'an da'lillew berildi (ha'm sog'an sa'ykes joqarıda da'lillenilgenindey qa'legen A_μ 4 vektorı ushın).

4 vektordın' kovariant tuwındısın paydalanıp qa'legen rangadag'ı kovariant tenzordın' kovariant tuwındısına anıqlama beriwge boladı. Bul anıqlama 4 vektordın' kovariant tuwındısının' ulıwmalasıwı bolıp tabıladı. Biz bul jerde ekinshi rangalı tenzordın' kovariant tuwındısın alıw menen sheklenemiz. Sebebi bunday shekleniw usı operatsiya haqqında ayqın sa'wlelendiredi.

Joqarıda aytılp o'tilgenindey, ha'r bir ekinshi rangalı kovariant tenzor $A_\mu B_\nu$ tipindegi tenzorlardın' summası tu'rinde ko'rsetiliwi mu'mkin¹²³. Sonlıqtan usınday arnawlı tenzor ushın

¹²³ (qa'legen) qurawshıları $A_{11}, A_{12}, A_{13}, A_{14}$, sa'ykes 1, 0, 0, 0 bolg'an vektorlardı sırtqı ko'beytiwdin' na'tiyjesinde qurawshıları

A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

bolg'an tenzor alınadı. Usınday to'rt tenzordı bir birine qosıw arqalı qurawshıları aldın ala qa'legen tu'rde berilgen $A_{\mu\nu}$ tenzorın alamız.

kovariant tuwindın' formulasın keltirip shıg'arıw menen sheklengen tolıq jetkilikli. (26) g'a sa'ykes

$$\frac{\partial A_{\mu}}{\partial x_{\sigma}} - \left\{ \begin{matrix} \sigma \mu \\ \tau \end{matrix} \right\} A_{\tau},$$

$$\frac{\partial B_{\nu}}{\partial x_{\sigma}} - \left\{ \begin{matrix} \sigma \nu \\ \tau \end{matrix} \right\} B_{\tau}$$

an'latpaları tenzorlıq xarakterge iye boladı. Birinshi an'latpanı B_{ν} g'a, al ekinshi an'latpanı A_{μ} ge sırtlay ko'beytiw arqalı u'shinshi rangalı bir birden tenzor alamız. Alıng'an tenzorlardın' qosındısı

$$A_{\mu\nu\sigma} = \frac{\partial A_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} - \left\{ \begin{matrix} \sigma \mu \\ \tau \end{matrix} \right\} A_{\tau\nu} - \left\{ \begin{matrix} \sigma \nu \\ \tau \end{matrix} \right\} A_{\mu\tau} \quad (27)$$

u'shinshi rangalı tenzor bolıp tabıladı, qala berse $A_{\mu\nu} = A_{\mu}B_{\nu}$ dep qabıl ettik. (27)-ten'liktin' on' ta'repi $A_{\mu\nu}$ g'a ha'm onın' birinshi tuwindılarına qarata sızıqlı ha'm bir tekli bolg'anlıqtan bul jan'a tenzorlardın' payda bolıwının' nızamı tek g'ana $A_{\mu}B_{\nu}$ tipindegi tenzorlar jag'dayında g'ana emes, al usınday tenzorlardın' qosındısı, yag'nıy ekinshi rangalı qa'legen kovariant tenzor ushın da durıs boladı. $A_{\mu\nu\sigma}$ tenzorın $A_{\mu\nu}$ tenzorının' kovariant tuwindısı dep ataymız.

(26) menen (24) lar kovariant tuwindı (27) nin' tek arnawlı jag'dayları ekenligi tu'sinikli (birinshi ha'm nolinshi rangalı tenzordın' kovariant tuwindısı). Ulıwma aytqanda jan'a tenzorlardın' payda bolıwının' arnawlı nızamları (27) qatnasının' tiykarında usıg'an tenzorlardı bir birine ko'beytiwdi baylanıstırıw arqalı alınadı.

§ 11. Ayırıqsha a'hmiyetke iye bolg'an bazı bir dara jag'daylar

Fundamentallıq tenzor haqqındag'ı bazı bir lemmalar. Da'slep bunnan keyingi tallawlarda paydalı bolg'an bazı bir ja'rdemshi qatnaslardı keltirip shıg'aramız. Anıqlawshılardı differentsiallaw qag'ıydası boyınsha iye bolamız

$$dg = g^{\mu\nu} g dg_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu} g dg^{\mu\nu}. \quad (28)$$

Eger $g_{\mu\nu}g^{\mu\nu} = \delta_{\mu}^{\mu}$ ha'm $g_{\mu\nu}g^{\mu\nu} = 4$ ekenligin dıqqatqa alsaq keyingi an'latpa onnan aldın'g'ı an'latpadan kelip shıg'adı, sog'an sa'ykes

$$g_{\mu\nu}dg^{\mu\nu} + g^{\mu\nu}dg_{\mu\nu} = 0.$$

(28)-qatnastan mına an'latpa kelip shıg'adı:

$$\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial \sqrt{-g}}{\partial x_{\sigma}} = \frac{1}{2} \frac{\partial \ln(-g)}{\partial x_{\sigma}} = \frac{1}{2} g^{\mu\nu} \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} = -\frac{1}{2} g^{\mu\nu} \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}}. \quad (29)$$

$g_{\mu\sigma}g^{\nu\sigma} = \delta_{\mu}^{\nu}$ ten'liginen differentsiallaw arqalı

$$g_{\mu\sigma}dg^{\nu\sigma} = -g^{\nu\sigma}dg_{\mu\sigma}$$

yamasa

(30)

$$g_{\mu\sigma} \frac{\partial g^{\nu\sigma}}{\partial x_\lambda} = -g^{\nu\sigma} \frac{\partial g_{\mu\sigma}}{\partial x_\lambda}$$

ekenligine iye bolamız. Bunnan $g^{\mu\tau}$ g'a ha'm sa'ykes $g_{\nu\lambda}$ ge aralas ko'beytiwdin' na'tiyjesinde alamız (indekslerdin' belgilewlerin o'zgerip)

$$\left. \begin{aligned} dg^{\mu\nu} &= -g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} dg_{\alpha\beta}, \\ \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} &= -g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} \frac{\partial g_{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma} \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

ha'm sog'an sa'ykes

$$\left. \begin{aligned} dg_{\mu\nu} &= -g_{\mu\alpha} g_{\nu\beta} dg^{\alpha\beta}, \\ \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} &= -g_{\mu\alpha} g_{\nu\beta} \frac{\partial g^{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma}. \end{aligned} \right\} \quad (32)$$

(31) di bizin' keyinirek paydalanıwımız ushın basqa tu'rge tu'rlendiremiz. (21)-formulag'a sa'ykes

$$\frac{\partial g_{\alpha\beta}}{\partial x_\sigma} = \begin{bmatrix} \alpha\sigma \\ \beta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta\sigma \\ \alpha \end{bmatrix}. \quad (33)$$

Buni (31) degi ekinshi formulag'a qoyıp ha'm (23) ti diqqatqa alıp iye bolamız:

$$\frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} = - \left(g^{\mu\nu} \begin{bmatrix} \tau\sigma \\ \nu \end{bmatrix} + g^{\nu\tau} \begin{bmatrix} \tau\sigma \\ \mu \end{bmatrix} \right) \quad (34)$$

(34)-ten'liktin' on' ta'repin (29) g'a qoyıwdın' na'tiyjesinde alamız:

$$\frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial \sqrt{-g}}{\partial x_\sigma} = \begin{bmatrix} \mu\sigma \\ \mu \end{bmatrix}. \quad (29a)$$

Kontrvariant 4 vektordın' divergentsiyası. Eger (26)-qatnastı kontrvariant fundamentallıq tenzor $g^{\mu\nu}$ g'a ko'beytsek (ishki ko'beytiw), onda onın' on' ta'repi birinshi ag'zanı tu'rlendirgennen keyin mına ko'rinske enedi:

$$\frac{\partial}{\partial x_\nu} (g^{\mu\nu} A_\mu) - A_\mu \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_\nu} - \frac{1}{2} g^{\tau\alpha} \left(\frac{\partial g_{\mu\alpha}}{\partial x_\nu} + \frac{\partial g_{\nu\alpha}}{\partial x_\mu} - \frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_\alpha} \right) g^{\mu\nu} A_\tau.$$

Bul an'latpanın' aqırg'ı ag'zasın (31)- ha'm (29)-ten'liklerdin' tiykarında mına tu'rge keltiriw mu'mkin:

$$\frac{1}{2} \frac{\partial g^{\tau\nu}}{\partial x_\nu} A_\tau + \frac{1}{2} \frac{\partial g^{\tau\mu}}{\partial x_\mu} A_\tau + \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial \sqrt{-g}}{\partial x_\alpha} g^{\tau\alpha} A_\tau.$$

Summalaw alinatug'in indekslerdin' belgileri a'hmiyetke iye bolmaytug'in bolg'anliqtan keyingi an'latpanin' da'slepki eki ag'zası menen joqarıda turg'an an'latpanin' ekinshi ag'zası bir birin joq etedi. Son'g'ı ag'zanı bolsa joqarıda turg'an an'latpanin' birinshi ag'zası menen biriktiriw mu'mkin.

$$g^{\mu\nu} A_\mu = A^\nu$$

dep boljap (bul an'latpadag'ı A^ν vektorı A_μ sıyaqlı ıqtıyarlı vektor) aqırında alamız

$$\Phi = \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial}{\partial x_\nu} (\sqrt{-g} A^\nu) \quad (35)$$

Bul skalyar kontravariant 4 vektordın' *divergentsiyası* bolıp tabıladı.

(Kovariant) 4 vektordın' «Rotorı». (26)-formuladag'ı ekinshi ag'za μ ha'm ν indekslerine qarata simmetriyalı. Sonlıqtan $A_{\mu\nu} - A_{\nu\mu}$ o'zınin' strukturası boyınsha ayırıqsha a'piwayı (antisimmetriyalı) tenzor bolıp tabıladı. Biz iye bolamız

$$B_{\mu\nu} = \frac{\partial A_\mu}{\partial x_\nu} - \frac{\partial A_\nu}{\partial x_\mu}. \quad (36)$$

6 vektordın' antisimmetriyalı tenzorlıq tuwındısı. Eger (27) ni bazı bir 2-rangalı antisimmetriyalı $A_{\mu\nu}$ tenzorına qollansa, bunnan keyin aling'an ten'likten μ, ν, σ indekslerin tsikllıq orın almastırıw jolı menen eki sol sıyaqlı ten'lik payda etilse ha'm aqırında aling'an barlıq u'sh ten'likti qossa 3-rangalı tenzor alamız

$$B_{\mu\nu\sigma} = A_{\mu\nu\sigma} + A_{\nu\sigma\mu} + A_{\sigma\mu\nu} = \frac{\partial A_{\mu\nu}}{\partial x_\sigma} + \frac{\partial A_{\nu\sigma}}{\partial x_\mu} + \frac{\partial A_{\sigma\mu}}{\partial x_\nu}. \quad (37)$$

Bul tenzordın' antisimmetriyalı ekenligin an'sat da'lillewge boladı.

6 vektordın' *divergentsiyası*. Eger (27)-ten'likti $g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} g$ a ko'beytsek (aralas ko'beytiw) ja'ne de tenzor alamız. (27) nin' on' ta'repinin' birinshi ag'zasın mına tu'rde jaza alamız:

$$\frac{\partial}{\partial x_\sigma} (g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} A_{\mu\nu}) - g^{\mu\alpha} \frac{\partial g^{\nu\beta}}{\partial x_\sigma} A_{\mu\nu} - g^{\nu\beta} \frac{\partial g^{\mu\alpha}}{\partial x_\sigma} A_{\mu\nu}.$$

Eger $g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} A_{\mu\nu}$ nı $A_\sigma^{\alpha\beta}$ ha'm $g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} A_{\mu\nu}$ dı $A^{\alpha\beta}$ arqalı almastırsaq ja'ne tu'rlandırılgen birinshi ag'zag'a

$$\frac{\partial g^{\nu\beta}}{\partial x_\sigma} \text{ ha'm } \frac{\partial g^{\mu\alpha}}{\partial x_\sigma}$$

lerdin' ornına (34)-formuladag'ı sa'ykes ma'nislerdi qoysa, onda (27)-ten'liktin' on' ta'repinde jeti ag'za boladı ha'm olardın' to'rtewi bir birin joq qılıp, tek

$$A_{\sigma}^{\alpha\beta} = \frac{\partial A^{\alpha\beta}}{\partial x_{\sigma}} + \left\{ \begin{matrix} \sigma\kappa \\ \alpha \end{matrix} \right\} A^{\kappa\beta} + \left\{ \begin{matrix} \sigma\kappa \\ \beta \end{matrix} \right\} A^{\alpha\kappa} \quad (38)$$

an'latpası qaladı. Bul 2-rangalı kontravariant tenzordın' kovariant tuwındısı ushın an'latpa bolıp tabıladı. Bunday an'latpanın' rangaları joqarı yamasa to'men bolg'an kontravariant tenzorlar ushın da sa'ykes tu'rde du'ziliwi mu'mkin.

Tap sonday jollar menen rangası joqarıraq yamasa to'menirek bolg'an aralas tenzor A_{μ}^{α} nın' kovariant tuwındısı ushın da an'latpa ala alamız.

$$A_{\mu\sigma}^{\alpha} = \frac{\partial A_{\mu}^{\alpha}}{\partial x_{\sigma}} - \left\{ \begin{matrix} \sigma\mu \\ \tau \end{matrix} \right\} A_{\tau}^{\alpha} + \left\{ \begin{matrix} \sigma\tau \\ \alpha \end{matrix} \right\} A_{\mu}^{\tau}. \quad (39)$$

β ha'm σ indeksleri boyınsha (38)-formulada svertka islese (qıssaq – B.A.) (δ_{β}^{σ} g'a ishki ko'beytiw) kontrovariantlı 4 vektor alamız:

$$A^{\alpha} = \frac{\partial A^{\alpha\beta}}{\partial x_{\beta}} + \left\{ \begin{matrix} \beta\kappa \\ \beta \end{matrix} \right\} A^{\alpha\kappa} + \left\{ \begin{matrix} \beta\kappa \\ \alpha \end{matrix} \right\} A^{\kappa\beta}.$$

β ha'm κ indekslerine salıstırğ'anda $\left\{ \begin{matrix} \beta\kappa \\ \alpha \end{matrix} \right\}$ nın' simmetriyalı ekenliginen eger $A^{\alpha\beta}$ antisimmetrilıq tenzor bolsa (endigiden bılay sonday dep esaplaymız) on' ta'reptegi u'shinshi ag'za nolge aylanadı; (29a) tiykarında ekinshi ag'zanın' tu'rlendiriliwi mu'mkin. Solay etip alınadı:

$$A^{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{-g}} \frac{\partial (\sqrt{-g} A^{\alpha\beta})}{\partial x_{\beta}}. \quad (40)$$

Bul kontravariant 6 vektordın' divergentsiyası ushın an'latpa bolıp tabıladı.

Ekinshi rangalı aralas tenzordın' divergentsiyası. Eger (39)-an'latpanı α ha'm β indeksleri boyınsha svertkalasaq (qıssaq - B.A.) ha'm (29a) nı bassılıqqa alsaq, onda alamız:

$$\sqrt{-g} A_{\mu}^{\alpha} = \frac{\partial (\sqrt{-g} A^{\alpha\beta})}{\partial x_{\beta}} - \left\{ \begin{matrix} \sigma\mu \\ \tau \end{matrix} \right\} \sqrt{-g} A_{\tau}^{\sigma}. \quad (41)$$

Eger bul ten'liktin' son'g'ı ag'zasına $A^{\rho\sigma} = g^{\rho\tau} A_{\tau}^{\sigma}$ kontravariant tenzornı kirgizsek, onda ol mına tu'rge iye boladı:

$$- \left[\begin{matrix} \sigma\mu \\ \rho \end{matrix} \right] \sqrt{-g} A^{\rho\sigma}.$$

Eger $A^{\rho\sigma}$ tenzori simmetriyalı bolsa, onda keyingi an'latpa

$$-\frac{1}{2}\sqrt{-g}\frac{\partial g_{\rho\sigma}}{\partial x_{\mu}}A^{\rho\sigma}.$$

Tap sonday jollar menen eger biz $A^{\rho\sigma}$ nın' ornına simmetriyalı kovariant $A_{\rho\sigma} = g_{\rho\alpha}g_{\sigma\beta}A^{\alpha\beta}$ tenzorın kirgizgen bolsaq, onda (31) ge baylanıslı keyingi ag'za mına tu'rge iye bolg'an bolar edi:

$$\frac{1}{2}\sqrt{-g}\frac{\partial g^{\rho\sigma}}{\partial x_{\mu}}A_{\rho\sigma}.$$

Solay etip biz qarag'an simmetriyalı tenzor jag'dayında (41)-an'latpa to'mendegi eki ten'lik penen almasırladı:

$$\sqrt{-g}A_{\mu} = \frac{\partial(\sqrt{-g}A_{\mu}^{\sigma})}{\partial x_{\sigma}} - \frac{1}{2}\frac{\partial g_{\rho\sigma}}{\partial x_{\mu}}\sqrt{-g}A^{\rho\sigma} \quad (41a)$$

ha'm

$$\sqrt{-g}A_{\mu} = \frac{\partial(\sqrt{-g}A_{\mu}^{\sigma})}{\partial x_{\sigma}} + \frac{1}{2}\frac{\partial g^{\rho\sigma}}{\partial x_{\mu}}\sqrt{-g}A_{\rho\sigma}. \quad (41b)$$

Usı an'latparadan biz endigiden bılay paydalanamız.

§ 12. Riman-Kristoffel tenzori

Endi fundamentallıq tenzor $g_{\mu\nu}$ dan onı tek bir ret differentsiallawdan alınıwı mu'mkin bolg'an tenzorlardı qaraymız. Ma'selege birinshi qarag'anda ju'da' a'piwayı bolıp ko'riniwi mu'mkin. Jan'a tenzordı, atap aytqanda fundamentallıq tenzordın' kovariant tuwındısın alıw ushın (27) ge ıqtıyarlı tu'rde aling'an $A_{\mu\nu}$ tenzorının' ornına fundamentallıq tenzor $g_{\mu\nu}$ di qoyıw jetkilikli bolatug'ınday bolıp ko'rinedi. Biraq bul kovariant tuwındının' nolge ten' bolatug'inlıg'ına an'sat ko'z jetkiziwge boladı. Al maqsetke bılayınsha jetiw mu'mkin. (27)-qatnasqa $A_{\mu\nu}$ ushın an'latpanı qoyamız

$$A_{\mu\nu} = \frac{\partial A_{\mu}}{\partial x_{\nu}} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \rho \end{matrix} \right\} A_{\rho}.$$

Bul an'latpa A_{μ} vektorının' tenzorlıq tuwındısı bolıp tabıladı. Onda (indekslerdin' belgilewlerin bir qansha o'zgertsek) u'shinshi rangalı tenzor alınadı:

$$A_{\mu\sigma\tau} = \frac{\partial^2 A_{\mu}}{\partial x_{\sigma}\partial x_{\tau}} - \left\{ \begin{matrix} \mu\sigma \\ \rho \end{matrix} \right\} \frac{\partial A_{\rho}}{\partial x_{\tau}} - \left\{ \begin{matrix} \mu\tau \\ \rho \end{matrix} \right\} \frac{\partial A_{\rho}}{\partial x_{\sigma}} - \left\{ \begin{matrix} \sigma\tau \\ \rho \end{matrix} \right\} \frac{\partial A_{\mu}}{\partial x_{\rho}} +$$

$$+ \left[-\frac{\partial}{\partial x_{\tau}} \left\{ \begin{matrix} \mu\sigma \\ \rho \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \mu\tau \\ \alpha \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \alpha\sigma \\ \rho \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \sigma\tau \\ \alpha \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \alpha\mu \\ \rho \end{matrix} \right\} \right] A_{\rho}.$$

Bul an'latpa $A_{\mu\sigma\tau} - A_{\mu\tau\sigma}$ tenzorin du'ziw oyına alıp keledi. Haqıyqatında bunday jag'dayda $A_{\mu\sigma\tau}$ ushın kelesi ag'zalar $A_{\mu\tau\sigma}$ lardan sa'ykes ag'zalar menen jıyısadı: birinshi, to'rtinshi ja'ne kvadrat qawsırmanın' ishindegı aqırg'ı ag'za. Sebebi bul ag'zalardıń barlıg'ı da σ menen τ g'a qarata simmetriyalı. Tap usınday so'zler ekinshi ha'm u'shinshi ag'zalardıń qosındısı ushın da durıs. Solay etip, alamız:

$$A_{\mu\sigma\tau} - A_{\mu\tau\sigma} = B_{\mu\sigma\tau}^{\rho} A_{\rho}, \quad (42)$$

$$B_{\mu\sigma\tau}^{\rho} = -\frac{\partial}{\partial x_{\tau}} \left\{ \begin{matrix} \mu\sigma \\ \rho \end{matrix} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_{\sigma}} \left\{ \begin{matrix} \mu\tau \\ \rho \end{matrix} \right\} - \left\{ \begin{matrix} \mu\sigma \\ \alpha \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \alpha\tau \\ \rho \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \mu\tau \\ \alpha \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \alpha\sigma \\ \rho \end{matrix} \right\}. \quad (43)$$

Bul na'tiyjedegi a'hmiyetlisi (42)-ten'liktin' on' ta'repindegı bo'liminde tek A_{ρ} 4 vektorı turg'anlıg'ı, al onın' tuwındısı joqlıg'ı. $A_{\mu\sigma\tau} - A_{\mu\tau\sigma}$ nın' tenzorlıq xarakterde ekenliginen, sonın' menen birge A_{ρ} iqtıyarlı 4 vektor ekenliginen, 7-paragrafta keltirilgen juwmaqlardan $B_{\mu\sigma\tau}^{\rho}$ nın' tenzor ekenligi kelip shıg'adı (Riman-Kristoffel tenzorı).

Bul tenzordın' matematikalıq ma'nisi to'mendegilerden ibarat. Eger kontinuum mına qa'siyetke iye bolsa: $g_{\mu\nu}$ turaqlı shamalar bolatug'ın koordinatalar sisteması bar bolsa, onda barlıq $B_{\mu\sigma\tau}^{\rho}$ lar nolge aylanadı. Eger da'slepki sistemanın' ornına qa'legen koordinatalar sistemasın qabıl etetug'ın bolsaq, onda $g_{\mu\nu}$ lar bul koordinatalar sistemasında turaqlı bolmaydı. Biraq $B_{\mu\sigma\tau}^{\rho}$ shamasının' tenzorlıq xarakterge iye ekenligi iqtıyarlı tu'rde qabıl etilgen sistemada o'zinin' izinen barlıq qurawshılarının' nolge ten' bolıwına alıp keledi. Demek, Riman tenzorının' nolge aylanıwı $g_{\mu\nu}$ lardıń turaqlı bolıwı ushın koordinatalar sistemasın saylap alıwdın' za'ru'rli sha'rti bolıp tabıladi¹²⁴. Bizin' ma'selemizde bul jag'day shekli oblastlarda koordinatalar sistemasın sa'ykes tu'rde saylap alg'anda arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' durıs bolatug'ınlıg'ınlıg'ına sa'ykes keledi.

(43)-an'latpadag'ı $B_{\mu\sigma\tau}^{\rho}$ ushın τ ha'm ρ indeksleri boyınsha qısıw 2-rangalı kovariant tenzordı beredi:

$$\begin{aligned} B_{\mu\nu} &= R_{\mu\nu} + S_{\mu\nu}, \\ R_{\mu\nu} &= -\frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \alpha \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \mu\alpha \\ \beta \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \nu\beta \\ \alpha \end{matrix} \right\}, \\ S_{\mu\nu} &= \frac{\partial^2 \lg \sqrt{-g}}{\partial x_{\mu} \partial x_{\nu}} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \alpha \end{matrix} \right\} \frac{\partial \lg \sqrt{-g}}{\partial x_{\alpha}}. \end{aligned} \quad (44)$$

Koordinatalar sistemasın saylap alıw boyınsha eskertiw. 8-paragraftın' o'zinde-aq (18a) qatnasqa muwapıq koordinatalar sistemasın $\sqrt{-g} = 1$ bolatug'ınday etip saylap alıwdın' artıqmashlıg'ı eskertilip o'tilgen edi. Keyingi eki paragrafta alıng'an ten'lemelerge itibar berilse usınday saylap alıwda tenzorlardın' payda bolıw nızamlarının' a'dewir a'piwayılasatug'ınlıg'ı ko'rinedi. Mısalı bayanlanıp atırg'an teoriyada tiykarg'ı orındı iyeleytug'ın ha'zir g'ana keltirilip shıg'arılğ'an $B_{\mu\nu}$ tenzorı ushın da durıs. Atap aytqanda koordinatalardı usınday ayırıqsha saylap alıwdın' na'tiyjesi $S_{\mu\nu}$ din' nolge aylanıwın ta'miyinleydi ha'm sonın' saldarıman $B_{\mu\nu}$ tenzorı $R_{\mu\nu}$ tenzorına alıp kelinedi.

¹²⁴ Matematikler bul sha'rttin' ja'ne jetkilikli sha'rt ekenligin da'lilledi.

Sonliqtan endigiden bilay barlıq qatnaslardı men koordinatalar sistemasın arnawlı tu'rde saylap alıwdın' na'tiyjesinde kelip shıg'atug'ın a'piwayı tu'rde beremen. Eger qandayda bir dara jag'daylarda za'ru'rlik payda bolsa *ulıwma kovariant ten'lemelerge* qayıtp keliw qıyınshılıq payda etpeydi.

V. GRAVİTATSİYA MAYDANI TEORİYASI

§ 13. Gravitatsiyalıq maydandag'ı materiallıq noqattın' qozg'alıs ten'lemesi. Gravitatsiya maydanının' qurawshıları ushın an'latpa

Arnawlı salıstırmalıq teoriyasına sa'ykes sırtqı ta'sirler ta'sir etpeytug'ın erkin dene tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lsheuli qozg'aladı. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' ko'z-qarasları boyınsha bunday jag'day tek to'rt o'lsheuli ken'isliktin' $g_{\mu\nu}$ (4) te ko'rsetilgen arnawlı turaqlı ma'nislerge iye bolatug'ın K_0 koordinatalar sistemasın saylap alıwg'a bolatug'ın bo'liminde g'ana durıs boladı.

Eger biz bul qozg'alıstı ıqtıyarlı tu'rde saylap alıng'an K_1 koordinatalar sistemasında qaraytug'ın bolsaq, onda bul dene 2-paragraftag'ı oy-pikirler boyınsha K_1 sistemasının' ko'z-qarası boyınsha bazı bir salmaq maydanında qozg'aladı. K_1 sistemasına salıstırg'andag'ı qozg'alıs nızamı mına tallawlar boyınsha an'sat alınadı. K_0 sistemasına qatnası boyınsha qozg'alıs nızamı to'rt o'lsheuli tuwrıdan, yag'nıy geodeziyalıqtan turadı. Biraq geodeziyalıq koordinatalar sistemasınan g'a'rezsiz anıqlanatug'ın bolg'anlıqtan onın' ten'lemesi K_1 sistemasına salıstırg'andag'ı materiallıq noqattın' qozg'alıs ten'lemesi de bolıp tabıladı.

$$\Gamma_{\mu\nu}^{\tau} = - \begin{Bmatrix} \mu\nu \\ \tau \end{Bmatrix} \quad (45)$$

dep belgilep K_1 ge salıstırg'andag'ı noqattın' qozg'alıs ten'lemesinin' bilayınsha jazılatus'ınlg'ın tabamız

$$\frac{d^2 x_{\tau}}{ds^2} = \Gamma_{\mu\nu}^{\tau} \frac{dx_{\mu}}{ds} \frac{dx_{\nu}}{ds}. \quad (46)$$

Endi bul ulıwma kovariantlıq ten'lemeler sisteması noqattın' gravitatsiyalıq maydandag'ı ha'm ken'isliktin' shekli oblastlarında arnawlı salıstırmalıq teoriyası durıs bolatug'ın K_0 sisteması bolmag'an jag'daylarda noqattın' qozg'alısın anıqlaydı dep ta'biyiy tu'rde esaplaymız. Qala berse biz bunday dep esaplawg'a huqıqlımız. Sebebi (46)-ten'leme $g_{\mu\nu}$ dın' tek birinshi tuwındılarına iye, al usı tuwındılar arasında ha'tte K_0 sisteması bar bolg'an dara jag'dayda da qandayda bir qatnas joq¹²⁵.

Eger barlıq $\Gamma_{\mu\nu}^{\tau}$ lardın' barlıg'ı da nolge ten' bolg'an jag'dayda noqat tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lsheuli qozg'aladı. Demek bul shamalar qozg'alıstın' tuwrı sızıqlıqtan ha'm ten' o'lsheulilikten awısıwın ta'miyinleydi. Olar gravitatsiyalıq maydannın' qurawshıları bolıp tabıladı.

§ 14. Materiya bolmag'an jag'daydag'ı gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemesi

¹²⁵ 12-paragrafqa sa'ykes tek ekinshi (birinshi menen birge) tuwındılar arasında $B_{\mu\sigma\tau}^p = 0$ qatnası bar.

Endigiden bilay biz «gravitatsiyalıq maydan» menen «materiya» nı bir birinen ayırg'anda gravitatsiyalıq maydannan basqanın' barlıg'ın «materiya» ma'nisinde tu'sinemiz. Bul o'z gezeginde «materiya» g'a a'dettegi materiya g'ana emes, al elektromagnit maydanın' da kiretug'inlıg'ın bildiredi.

Bizin' jaqın ma'selemiz materiya bolmag'an jag'daydag'ı gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemesin izlewden ibarat. Bunın' ushın o'tken paragrafta materiallıq noqattın' ten'lemesin keltirip shıg'arg'andag'ı paydalanılğ'an usıdan paydalanamız. $g_{\mu\nu}$ belgili bolğ'an turaqlı ma'nislerge iye bolatug'ın baslang'ısh salıstırmalıq teoriyası izlenip atırg'an ten'lemeler aldın-ala qanaatlandırılıwı sha'rt dara jag'day bolıp tabılıwı kerek. Meyli bul dara jag'day anıq K_0 koordinatalar sistemasına qatnası boyınsha bazı bir shekli oblastta orınlanatug'ın bolsın. Bul sistemada Riman tenzori $B_{\mu\sigma}^p$ nın' barlıq qurawshıları [(43)-formula] nolge aylanadı. Biraq usınday jag'dayda biz qarap atırg'an oblasttag'ı qa'legen koordinatalar sistemasında da olar nolge ten' boladı.

Solay etip materiyadan azat bolğ'an gravitatsiyalıq maydannın' izlenip atırg'an ten'lemeleri qa'legen jag'dayda eger barlıq $B_{\mu\sigma}^p$ lar nolge ten' bolsa orınlanıwı kerek. Biraq bul sha'rt aldın-ala ju'da' ko'p na'rseni talap etedi. Haqıyqatında da, misalı materiallıq noqat ta'repinen payda etilgen gravitatsiya maydanı hesh bir jag'dayda da koordinatalar sistemasın qanday etip saylap alıwdın' na'tiyjesinde «transformatsiyalanıwı» mu'mkin emes, yag'nıy turaqlı $g_{\mu\nu}$ jag'dayına tu'rlandırıwı mu'mkin emes.

Sonlıqtan materiyadan azat bolğ'an gravitatsiya maydanında $B_{\mu\sigma\tau}^p$ tenzorınan aling'an simmetriyalı $B_{\mu\nu}$ tenzorının' nolge aylanıwın talap etiw ta'biyiy bolıp ko'rinedi. Usınday jollar menen 10 dana $g_{\mu\nu}$ shamaları ushın 10 ten'leme alınadı. Bul ten'lemeler barlıq $B_{\mu\sigma\tau}^p$ lar nolge ten' bolğ'an dara jag'dayda orınlanadı ha'm materiyadan azat bolğ'an maydan ushın (44) ke baylanışlı, koordinatalar sistemasın saylap alg'anda mına tu'rge iye boladı:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}}{\partial x_{\alpha}} + \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta} &= 0, \\ \sqrt{-g} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (47)$$

Atap aytıw kerek, bul ten'lemelerdi saylap alıw menen ıqtıyarlılıqtın' minimumı baylanışlı. Sebebi $g_{\mu\nu}$ lardan ha'm olardıń tuwındılarman, ekinshi ta'rtpi tuwındıdan joqarı ta'rtpi tuwındılarg'a iye emes, olarg'a qarata sıızıqlı bolğ'an $B_{\mu\nu}$ dan basqa tenzor joq¹²⁶.

Ulıwmalıq salıstırmalıq printsipinen taza matematikalıq jollar menen kelip shıg'atug'ın bul ten'lemeler (46)-qozg'alıs ten'lemesi menen birikken halda birinshi jaqınlasıwda Niutonnnın' tartılıs nızamın beriw, al ekinshi jaqınlasıwda Levere ta'repinen anıqlang'an Merkuriydin' perigeliyinin' qozg'alısın (vozmuneniege du'zeti berilgennen keyin kalatug'ın qaldıq) tu'sindiriw fakti bizin' pikirimizshe teoriyanın' fizikalıq jaqtan durıs ekenligin isendiriwı kerek.

§ 15. Gravitatsiyalıq maydan ushın Gamilton funktsiyası. İmpuls penen energiyanın' saqlanıw nızamı

¹²⁶ Haqıyqatında bunı tek $B_{\mu\nu} + \lambda g_{\mu\nu} (g^{\alpha\beta} B_{\alpha\beta})$ tenzori haqqında ga'p bolğ'anda tastıyıqlaw mu'mkin (λ arqalı konstanta belgilengen). Biraq onı nolge ten'ep biz ja'ne $B_{\mu\nu} = 0$ ten'lemesine qayıtp kelemiz.

Maydan ten'lemelerinin' impuls penen energiyanın' saqlanıw nızamlarına sa'ykes keletug'ınlıg'ın ko'rsetiw ushın olardı to'mendegidey Gamilton formasında jazg'an qolaylıraq:

$$\left. \begin{aligned} \delta \left\{ \int H d\tau \right\} &= 0, \\ H &= g^{\mu\nu} \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta}, \\ \sqrt{-g} &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (47a)$$

Bunday jag'daylarda biz qarap atırg'an sheklengen to'rt o'lsheimli integrallaw oblastının' shegaralarında variatsiyalar nolge ten'.

En' da'slep (47a) ten'lemelerinin' (47)-ten'lemelerge ekvivalent ekenligin ko'rsetiw za'ru'r.

Usınday maqsetlerde H tı $g^{\mu\nu}$ menen $g_{\sigma}^{\mu\nu} \left(\equiv \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} \right)$ dın' funktsiyası sıpatında qaraymız. Da'slep bılayınsha jazamız:

$$\delta H = \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta} \delta g^{\mu\nu} + 2g^{\mu\nu} \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta} = -\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta} \delta g^{\mu\nu} + 2\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \delta(g^{\mu\nu} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta}).$$

Biraq

$$\delta(g^{\mu\nu} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta}) = -\frac{1}{2} \left[g^{\mu\nu} g^{\beta\lambda} \left(\frac{\partial g_{\nu\lambda}}{\partial x_{\alpha}} + \frac{\partial g_{\alpha\lambda}}{\partial x_{\nu}} + \frac{\partial g_{\alpha\nu}}{\partial x_{\lambda}} \right) \right].$$

A'piwayı qawsırmadag'ı eki son'g'ı ag'zadan alinatug'ın an'latpalar ha'r qıylı belgige iye boladı ha'm μ ja'ne β indeslerinin' orınların almasırtıp qoyıw arqalı alınadı (sebebi summalaw indekslerinin' belgileri a'hmiyetke iye emes). δH ushın jazılğ'an an'latpada μ ha'm β indekslerine qarata simmetriyalı bolg'an $\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}$ shamasına ko'beytilgennen keyin olar bir birin joq etedi. Solay etip a'piwayı qawsırmalardag'ı tek birinshi ag'zanı esapqa alıw kerek boladı. Sonlıqtan (31)-ten'likti dıqqatqa alıp mınag'an iye bolamız

$$\delta H = -\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta} \delta g^{\mu\nu} + \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \delta g_{\alpha}^{\mu\beta}.$$

Solay etip mınag'an kelemiz

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial g^{\mu\nu}} &= -\Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta}, \\ \frac{\partial H}{\partial g_{\sigma}^{\mu\nu}} &= \Gamma_{\mu\nu}^{\sigma}. \end{aligned} \right\} \quad (48)$$

(47a) da variatsiyalardı orınlap da'slep mına ten'lemeler sistemasın alamız

$$\frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} \left(\frac{\partial H}{\partial g_{\alpha}^{\mu\nu}} \right) - \frac{\partial H}{\partial g^{\mu\nu}} = 0. \quad (47b)$$

Bul sistema (48) ge muwapıq (47) ge sa'ykes keledi. Usını da'lillew kerek edi. (47b) nı $g_{\sigma}^{\mu\nu}$ ge ko'beytip ha'm

$$\frac{\partial g_{\sigma}^{\mu\nu}}{\partial x_{\alpha}} = \frac{\partial g_{\sigma}^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}}$$

ekenligin esapqa alıp ha'm sog'an sa'ykes

$$g_{\sigma}^{\mu\nu} \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} \left(\frac{\partial H}{\partial g_{\alpha}^{\mu\nu}} \right) = \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} \left(g_{\sigma}^{\mu\nu} \frac{\partial H}{\partial g_{\alpha}^{\mu\nu}} \right) - \frac{\partial H}{\partial g_{\alpha}^{\mu\nu}} \frac{\partial g_{\sigma}^{\mu\nu}}{\partial x_{\alpha}}$$

ten'ligi orın alatug'ın bolg'anlıqtan

$$\frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} \left(g_{\sigma}^{\mu\nu} \frac{\partial H}{\partial g_{\alpha}^{\mu\nu}} \right) - \frac{\partial H}{\partial x_{\sigma}} = 0$$

ten'lemesin alamız yamasa¹²⁷

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial t_{\sigma}^{\alpha}}{\partial x_{\alpha}} &= 0, \\ -2\kappa t_{\sigma}^{\alpha} &= g_{\sigma}^{\mu\nu} \frac{\partial H}{\partial g_{\alpha}^{\mu\nu}} - \delta_{\sigma}^{\alpha} H. \end{aligned} \right\} \quad (49)$$

Qala berse (48)-ten'lemelerdin', (47)-ten'lemelerdin' ekinshisinin' ha'm (34)-formula tiykarında

$$\kappa t_{\sigma}^{\alpha} = \frac{1}{2} \delta_{\sigma}^{\alpha} g^{\mu\nu} \Gamma_{\mu\beta}^{\lambda} \Gamma_{\nu\lambda}^{\beta} - g^{\mu\nu} \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\sigma}^{\beta} \quad (50)$$

qatnasının' orınlanıwı kerek.

Endi t_{σ}^{α} nin' tenzor emes ekenligin este tutıw kerek. (49)-ten'leme $\sqrt{-g}=1$ bolg'an barlıq koordinatalar sistemalarında durıs. Bul ten'leme gravitatsiya maydanı ushın impuls penen energiyanın' saqlanıw nızamın an'latadı. Haqıyqatında da bul ten'lemenı u'sh o'lsheмли V ko'lemi boyınsha integrallaw to'rt ten'lemenı beredi:

$$\frac{d}{dx_4} \left\{ \int t_{\sigma}^4 dV \right\} = \int (t_{\sigma}^1 a_1 + t_{\sigma}^2 a_2 + t_{\sigma}^3 a_3) ds. \quad (49a)$$

Bul an'latpadag'ı a_1, a_2, a_3 ler dS shegaralıq betinin' ishki normalının' bag'ıtlawshı kosinusları (Evklid geometriyası ma'nisinde). Bul an'latpada eki saqlanıw nızamının' da a'dettegi jazıw formasında bar ekenligin ko'riw qıyın emes. Biz t_{σ}^{α} shamasın gravitatsiyalıq maydannın' «energiyasının' qurawshıları» dep ataymız¹²⁸.

¹²⁷ 2κ ko'beytiwshisinin' payda bolıw sebebi keyinirek anıq boladı.

¹²⁸ Ha'zirgi waqıtları bul shamanı energiya-impuls psevdotenzorının' qurawshıları dep ataydı (russha awdarmanın' redaktorının' eskertiwi - B.A.)

(47)-ten'lemeni ma'seleni ko'rgizbeli tu'rde qarap shig'iw ushın ayrıqsha paydalı ja'ne bir formada ko'rsetemiz. Maydan ten'lemeleri (47) ni $g^{v\sigma}$ g'a ko'beytiw arqalı bul ten'lemeler «aralas» tu'rde alınadı.

$$g^{v\sigma} \frac{\partial \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}}{\partial x_{\alpha}} = \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} (g^{v\sigma} \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}) - \frac{\partial g^{v\sigma}}{\partial x_{\alpha}} \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}$$

ekenligin bassılıqqa alıw kerek. Bul shama (34) tiykarında minag'an ten'

$$\frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} (g^{v\sigma} \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}) - g^{v\beta} \Gamma_{\alpha\beta}^{\sigma} \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha} - g^{\sigma\beta} \Gamma_{\beta\alpha}^{\nu} \Gamma_{\mu\nu}^{\alpha}$$

yamasa (sumalaw indekslerinin' belgilerin o'zgartkennen keyin)

$$\frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} (g^{\sigma\beta} \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}) - g^{mn} \Gamma_{m\beta}^{\sigma} \Gamma_{n\mu}^{\beta} - g^{v\sigma} \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{v\alpha}^{\beta}.$$

Bul an'latpanın' u'shinshi ag'zası maydan ten'lemesi (47) nin' ekinshi ag'zasınan alinatug'in ag'za menen jıyısadı; bul an'latpanın' ekinshi ag'zasının' ornına (50)-qatnastı paydalanıp minanı qoyıwg'a boladı

$$\kappa \left(t_{\mu}^v - \frac{1}{2} \delta_{\mu}^{\sigma} t \right)$$

bul an'latpada $t = t_{\alpha}^{\alpha}$. Solay etip (47)-ten'lemenin' ornına

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} (g^{\sigma\beta} \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}) &= -\kappa \left(t_{\mu}^{\sigma} - \frac{1}{2} \delta_{\mu}^{\sigma} t \right) \\ \sqrt{-g} &= 1. \end{aligned} \right\}$$

(51)

alınadı.

§ 16. Gravitatsiyalıq maydannın' ulıwma tu'rdegi ten'lemeleri

Aldın'gı paragrafta materiya bolmag'an ken'islik ushın keltirilip shig'arıl'g'an maydan ten'lemelerin Niuton teoriyasındag'a maydan ten'lemesi menen salıstırıw kerek:

$$\Delta\varphi = 0.$$

Bizin' aldımızg'a

$$\Delta\varphi = 4\pi\kappa\rho$$

Puasson ten'lemesine sa'ykes keliwshi ten'lemeni tabıw sha'rti qoyıladı. Bul an'latpada ρ arqalı materiyanın' tıg'ızlıg'ı berilgen.

Arnawlı salıstırmalıq teoriyası inert massanı energiyadan basqa hesh na'rse emes degen juwmaqqa keldi. Energiyanın' tolıq matematikalıq an'latpası 2-rangalı simmetriyalıq tenzor, energiya tenzoru menen beriledi. Sonlıqtan ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasına da gravitatsiyalıq maydannın' t_{σ}^{α} nın' qurawshılarında [(49)- ha'm (50)-ten'lemeler], biraq sonın' menen birge simmetriyalıq kovariant tenzorg'a sa'ykes keliwshi aralas xarakterge iye bazı bir materiyanın' energiyası tenzoru T_{σ}^{α} nı kirgiziwge tuwra keledi¹²⁹.

(51)-ten'lemeler sisteması gravitatsiya maydanına bul energiya tenzorın qalay kirgiziwdi ko'rsetedi (Puasson ten'lemesindegi ρ tıg'ızlıg'ına sa'ykes keliwshi). Eger tuyıq sistemanı qaraytug'ın bolsaq (mısalı Quyash sistemasın), onda sistemanın' ulıwmalıq massası ha'm, sog'an sa'ykes, onın' ulıwmalıq gravitatsiyalıq ta'siri sistemanın' barlıq energiyasınan g'a rezli boladı (yag'nıy salmaqqa iye materiyanın' energiyası menen salmaq maydanının' energiyasınan' qosındısınan). Bul jag'daydı bılay an'latıw mu'mkin: (51)-ten'lemelerde tek gravitatsiyalıq maydannın' qurawshıları t_{σ}^{α} lardıń ornına materiya energiyasınan' tenzoru menen gravitatsiyalıq maydan tenzorının' summası $t_{\mu}^{\sigma} + T_{\mu}^{\sigma}$ nı qoyamız. Usınday etip (51) din' ornına tenzorlıq ten'leme alınadı:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial x_{\alpha}} (g^{\sigma\beta} \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}) &= -\kappa \left[(t_{\mu}^{\sigma} + T_{\mu}^{\sigma}) - \frac{1}{2} \delta_{\mu}^{\sigma} (t + T) \right], \\ \sqrt{-g} &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (52)$$

Bul an'latpada $T = T_{\mu}^{\mu}$ (Laue skalyarı). Alıng'an an'latpa biz izlep atırg'an gravitatsiyalıq maydannın' aralas formadag'ı ulıwmalıq ten'lemeleri bolıp tabıladı. Bunnan (47) nin' ornına kerisinshe endigi ten'lemeler sisteması alınadı:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha}}{\partial x_{\alpha}} + \Gamma_{\mu\beta}^{\alpha} \Gamma_{\nu\alpha}^{\beta} &= -\kappa \left(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} T \right), \\ \sqrt{-g} &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (53)$$

Joqarıdag'ıday etip materiyanın' energiyası tenzorın kirgiziwdi tek salıstırmalıq postuladı menen tiykarlawdın' mu'mkin emes ekenligin moyınlawımız kerek. Sonlıqtan biz gravitatsiyalıq maydannın' energiyası tartılıs ma'nisinde basqa barlıq energiyaday ta'sir etedi degen talaptan kelip shıqtıq. Biraq ko'rsetilgen ten'lemelerdin' paydasına xızmet etetug'ın en' ku'shli argument mınadan ibarat: bul ten'lemelerden (49)- ha'm (49a)-ten'lemelerge da'l sa'ykes keliwshi tolıq energiyanın' qurawshıları ushın energiya menen impulstın' saqlanıw ten'lemeleri kelip shıg'adı. Bul haqqında to'mende ayılıadı.

§ 17. Ulıwmalıq jag'daydag'ı saqlanıw nızamları

(52)-ten'lemenı on' ta'repindegi ekinshi ag'zanın' nolge aylanıwı ushın tu'rlendiriw qıyın emes. Bunın' ushın da'slep μ ha'v σ indeksleri boyınsha sverkanın' isleniwi, bunnan keyin alıng'an ten'lemenı $1/2\delta_{\mu}^{\sigma}$ g'a ko'beytilgen halda (52)-ten'lemeden alıp taslaw kerek. Sonda

¹²⁹ $g_{\alpha\tau} T_{\sigma}^{\alpha} = T_{\sigma\tau}$ ha'm $g^{\alpha\beta} T_{\sigma}^{\alpha} = T^{\alpha\beta}$ lar simmetriyalı tenzorlar bolıwı kerek.

$$\frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left(g^{\sigma\beta} \Gamma_{\mu\beta}^\alpha - \frac{1}{2} \delta_\mu^\sigma g^{\lambda\beta} \Gamma_{\lambda\beta}^\alpha \right) = -\kappa (t_\mu^\sigma + T_\mu^\sigma) \quad (52a)$$

ten'lemesi alınadı. Bul ten'lemege $\frac{\partial}{\partial x_\alpha}$ operatsiyasın qollanıp

$$\frac{\partial^2}{\partial x_\alpha \partial x_\sigma} (g^{\sigma\beta} \Gamma_{\mu\beta}^\alpha) = -\frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x_\alpha \partial x_\sigma} \left[g^{\sigma\beta} g^{\alpha\lambda} \left(\frac{\partial g_{\mu\lambda}}{\partial x_\beta} + \frac{\partial g_{\beta\lambda}}{\partial x_\mu} - \frac{\partial g_{\mu\beta}}{\partial x_\lambda} \right) \right]$$

ten'lemelerine iye bolamız. A'piwayı qawsırmalardag'ı birinshi ha'm u'shinshi qosılıwshılar bir birin joq etetug'm qosılıwshılar bolıp tabıladı. Bul ayılıg'anlardın' durıslıg'ına eger u'shinshi ag'zada bir ta'repten summalaw indeksleri α menen σ nı, ekinshi ta'repten β menen λ indekslerin orınların almasııp qoysaq an'sat iseniwge boladı. Ekinshi ag'zanı (31) ge sa'ykes tu'rlendiriwge boladı. Sonlıqtan

$$\frac{\partial^2}{\partial x_\alpha \partial x_\sigma} (g^{\sigma\beta} \Gamma_{\mu\beta}^\alpha) = -\frac{1}{2} \frac{\partial^3 g^{\sigma\beta}}{\partial x_\alpha \partial x_\beta \partial x_\mu} \quad (54)$$

an'latpasın alamız. (52a) nın' shep bo'limindegi ekinshi ag'za da'slep

$$-\frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial x_\alpha \partial x_\mu} (g^{\lambda\beta} \Gamma_\beta^\alpha)$$

yamasa

$$\frac{1}{4} \frac{\partial^2}{\partial x_\alpha \partial x_\mu} \left[g^{\lambda\beta} g^{\alpha\delta} \left(\frac{\partial g_{\delta\lambda}}{\partial x_\beta} + \frac{\partial g_{\delta\beta}}{\partial x_\lambda} - \frac{\partial g_{\kappa\beta}}{\partial x_\delta} \right) \right]$$

an'latpasın beredi. A'piwayı qawsırmalardag'ı aqırg'ı ag'zalardan alinatug'm ag'za (29) g'a baylanışlı biz ta'repinen koordinatalardı saylap alıwg'a baylanışlı nolge aylanadı. Qalg'an eki ag'zanı biriktiriw mu'mkin. Onda (31) qatnasları tiykarında alamız:

$$-\frac{1}{2} \frac{\partial^3 g^{\sigma\beta}}{\partial x_\alpha \partial x_\beta \partial x_\mu}.$$

Usıg'an baylanışlı (54)-ten'lekti dıqqat orayına alsaq, mına birdeylik alınadı:

$$\frac{\partial^2}{\partial x_\alpha \partial x_\sigma} \left(g^{\sigma\beta} \Gamma_{\mu\beta}^\alpha - \frac{1}{2} \delta_\mu^\sigma g^{\lambda\beta} \Gamma_{\lambda\beta}^\alpha \right) \equiv 0. \quad (55)$$

(55) penen (52a) dan kelip shıg'adı

$$\frac{\partial (t_\mu^\sigma + T_\mu^\sigma)}{\partial x_\alpha} = 0. \quad (56)$$

Solay etip bizin' gravitatsiyalıq maydan ten'lemelerinen impuls penen energiyanın' saqlanıw nızamlarının' orınlanatug'ınlıg'ı kelip shıg'adı. Bunın' durıslıg'ına (49a) ten'lemege alıp keletug'ın tallawdın' tiykarında an'sat iseniwge boladı. Tek g'ana gravitatsiyalıq maydannın' energiyanın' qurawshıları t_{μ}^{σ} nın' ornına materiyanın' ha'm gravitatsiyalıq maydannın' tolıq energiyanın' qurawshıların kirgiziw kerek.

§ 18. Materiya ushın impuls penen energiyanın' saqlanıw nızamı maydan ten'lemelerinin' na'tiyjesi sıpatında

(53)-ten'lemeni $\frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}}$ g'a ko'beytip, 15-paragrafta qollanılǵ'an usıldan paydalanıp ha'm

$g_{\mu\nu} \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}}$ dın' nolge ten' ekenligin este saqlap

$$\frac{\partial t_{\sigma}^{\alpha}}{\partial x_{\alpha}} + \frac{1}{2} \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} T_{\mu\nu} = 0$$

yamasa (56)-ten'liktin' ku'shine sa'ykes

$$\frac{\partial T_{\sigma}^{\alpha}}{\partial x_{\alpha}} + \frac{1}{2} \frac{\partial g^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} T_{\mu\nu} = 0 \quad (57)$$

ten'lemesin alamız.

(41b) menen salıstırıw koordinatalar sistemasın usınday etip saylap alg'anda bul ten'lemenin' materiya energiyanın' tenzorının' divergentsiyasının' nolge aylanıwın an'latatug'ınlıg'ın ko'rsetedi. SHep bo'limdegi ekinshi ag'zanın' bolıwı fizikalıq ko'z-qarastan tek bir materiya ushın impuls penen energiyanın' saqlanıw nızamının' haqıyqatında orınlanbaytug'ınlıg'ın an'g'artadı. Anıg'ıraq aytqanda saqlanıw nızamları tek g'ana $g^{\mu\nu}$ turaqlı shamalar bolg'anda, yag'nıy gravitatsiyalıq maydannın' kernewiliklerinin' qurawshıları nolge ten' bolg'anda g'ana orınlanadı. Bul ekinshi ag'za impuls ha'm, sa'ykes, energiya ushın an'latpa bolıp tabıladı. Olar waqıt birliginde ha'm ko'lem birliginde materiya g'a gravitatsiya maydanı ta'repinen beriledi. Eger (57) nin' ornına (41)-qatnas tu'rinde jazatug'ın bolsaq bunın' barlıg'ı da tu'sinikli boladı:

$$\frac{\partial T_{\sigma}^{\alpha}}{\partial x_{\alpha}} = -\Gamma_{\sigma\alpha}^{\beta} T_{\beta}^{\alpha}. \quad (57a)$$

Bul ten'lemenin' on' bo'limi gravitatsiya maydanının' materiya g'a energiyalıq ta'sirin an'latadı.

Solay etip gravitatsiya maydanının' ten'lemeleri materiallıq protsessler qanaatlandırıwı kerek bolg'an to'rt sha'rtke iye boladı. Eger materiallıq protsessler bir birinen g'a rezsiz bolg'an to'rt differentsial ten'lemelerdin' ja'rdeminde ta'riplenetug'ın bolsa, onda bul sha'rtler sol materiallıq protsesslerdin' ten'lemeleri bolıp tabıladı¹³⁰.

¹³⁰ Cp. D. Hilbert, Nachr. d. K. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen, Math.-phys. Kl., 1915, 3.

G. «MATERIALLIQ» PROTSESLER

B bo'limde bayanlang'an matematikalıq ja'rdemshi qurallar bizge arnawlı salıstırmalıq teoriyasında keltirilip shıg'arılǵ'an fizikalıq nızamlardı (gidrodinamikani, Maksvell elektrodinamikasını) olardıń ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasın qanaatlandırıwı ushın ulıwmalastırıwǵ'a mu'mkinshilik beredi. Bunday jag'dayda salıstırmalıqtıń ulıwmalıq printsipti hesh qanday taza shek qoymay, sonıń menen birge hesh qanday jan'a gipotezalarǵı qollanbay gravitatsiyalıq maydannıń barlıq protsesslerge ta'sirin da'l ta'riplewge mu'mkinshilik beredi.

Bul jag'daydan materiyanıń fizikalıq ta'biyatına baylanışlı hesh qanday boljawlardı kirgiziwdin' kereginin' joq ekenligi kelip shıǵ'adı (tarıraq ma'niste). Ma'selen, elektromagnit maydanı teoriyası menen gravitatsiya maydanının' teoriyası materiyanıń teoriyası ushın baza bola ala ma? degen soraw ashıq qala aladı. Salıstırmalıqtıń ulıwmalıq postuladı bul haqqında hesh na'rse ayta almaydı. Teoriyanıń rawajlanıw protsessinde elektrodinamika juwap bere almag'an sorawlarg'a elektrodinamika menen tırtısıw haqqındag'ı ta'limattıń birgelikte juwap bere alatug'ınlıǵın anıqlanadı.

§ 19. Su'ykelis bolmag'an jag'daylardag'ı adiabatalıq suyıqlıqlar ushın Eyler ten'lemeleri

Meyli p ha'm ρ eki skalyar, olardıń birinshisin suyıqlıqtıń «basımı», al ekinshisin suyıqlıqtıń «tıǵ'ızlıǵı» dep ataymız. Meyli olar bazı bir ten'leme arqalı baylanısqan bolsın. Meyli ja'ne kontrvariant simmetriyalı tenzor

$$T^{\alpha\beta} = -g^{\alpha\beta}p + \rho \frac{dx_{\alpha}}{ds} \frac{dx_{\beta}}{ds} \quad (58)$$

suyıqlıqtıń energiyasınıń kontrvariant tenzori bolsın. Og'an

$$T_{\mu\nu} = -g_{\mu\nu}p + g_{\mu\alpha} \frac{dx_{\alpha}}{ds} g_{\nu\beta} \frac{dx_{\beta}}{ds} \rho \quad (58a)$$

kovariant tenzori ja'ne

$$T_{\sigma}^{\alpha} = -\delta_{\sigma}^{\alpha}p + g_{\sigma\beta} \frac{dx_{\beta}}{ds} \frac{dx_{\alpha}}{ds} \rho \quad (58b)$$

aralas tenzori sa'ykes keledi¹³¹.

(58b) ten'liginin' on' bo'limin (57a) ten'lemege qoyıp ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasındag'ı Eylerdin' gidrodinamikalıq ten'lemelerin alamız. Printsipinde bul ten'lemeler qozǵ'alıs problemasını tolıq sheshedi. O'ytkeni (57a) to'rt ten'lemesi p ha'm ρ arasındag'ı berilgen g'a'ezlilik ha'm

$$g_{\alpha\beta} \frac{dx_{\alpha}}{ds} \frac{dx_{\beta}}{ds} = 1$$

¹³¹ Suyıqlıq penen birge qozǵ'alıwshı baqlawshı ushın arnawlı salıstırmalıq teoriyası ma'nisinde koordinatalar sistemasının' sheksiz kishi oblastı paydalanıladı. Bul jag'dayda T_4^4 energiyanıń tıǵ'ızlıǵı $\rho - p$ g'a ten'.

qatnası menen berilgen $g_{\alpha\beta}$ ushın to'mendegi 6 belgisizdi tabıw ushın jetkilikli:

$$p, \rho, \frac{dx_1}{ds}, \frac{dx_2}{ds}, \frac{dx_3}{ds}, \frac{dx_4}{ds}.$$

Eger ja'ne $g_{\mu\nu}$ da belgisiz bolsa, onda buring'ı ten'lemelerge tag'ı (53)-ten'leme qosıladı. Solay etip 10 dana $g_{\mu\nu}$ funktsiyaların anıqlaw ushın 11 ten'lemege iye bolamız. Usıg'an baylanıslı belgisiz funktsiyalardıń aldın-ala anıqlanatug'ınday bolıp ko'riniwi mu'mkin. Biraq (57a) ten'lemenin' (53)-ten'lemelerde quramında bar ekenligin an'law kerek. Sonlıqtan keyingiler 7 den ko'p emes bir birinen g'a'rezsiz ten'lemelerdi beredi. Bul anıqsızlıqtın sebebi koordinatalar sistemaların ken' tu'rde erkin saylap alıwda bolıp tabıladı. Usının' na'tiyjesinde matematikalıq ma'niste ma'sele sonday da'rejede anıq emes bolıp qaladı, ken'isliklik funktsiyalardıń u'shewi iqtıyarlı tu'rde saylap alınadı¹³².

§ 20. Vakuumdag'ı elektromagnit maydanının' Maksvell ten'lemeleri

Meyli φ_ν elektromagnit potentsialdın' kovariant 4 vektorının' qurawshıları bolsın. (36) g'a muwapıq olardan elektromagnit maydanının' 6 vektorının' $F_{\rho\sigma}$ qurawshıların du'zemiz.

$$F_{\rho\sigma} = \frac{\partial \varphi_\rho}{\partial x_\sigma} - \frac{\partial \varphi_\sigma}{\partial x_\rho}. \quad (59)$$

(59)-qatnastan to'mendegi ten'lemeler sistemasının' orınlanatug'ını kelip shıg'adı:

$$\frac{\partial F_{\rho\sigma}}{\partial x_\tau} + \frac{\partial F_{\sigma\tau}}{\partial x_\rho} + \frac{\partial F_{\tau\rho}}{\partial x_\sigma} = 0. \quad (60)$$

(37) ge baylanıslı bul ten'liklin' shep bo'limi 3-rangalı antisimmetriyalıq tenzor bolıp tabıladı. Solay etip (60)-sistema haqıyqatında to'mendegidey tu'rdegi to'rt ten'lemenı o'z ishine aladı:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial F_{23}}{\partial x_4} + \frac{\partial F_{34}}{\partial x_2} + \frac{\partial F_{42}}{\partial x_3} &= 0, \\ \frac{\partial F_{34}}{\partial x_1} + \frac{\partial F_{41}}{\partial x_3} + \frac{\partial F_{13}}{\partial x_4} &= 0, \\ \frac{\partial F_{41}}{\partial x_2} + \frac{\partial F_{12}}{\partial x_4} + \frac{\partial F_{24}}{\partial x_1} &= 0, \\ \frac{\partial F_{12}}{\partial x_3} + \frac{\partial F_{23}}{\partial x_1} + \frac{\partial F_{31}}{\partial x_2} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (60a)$$

Bul ten'lemeler sisteması Maksvell ten'lemelerinin' ekinshi sistemasına sa'ykes keledi. Eger to'mendegidey belgilewler qabıl etilse bug'an da'rha'l iseniwge boladı:

¹³² $g = -1$ koordinatalar sistemasınan bas tartılğ'anda erkin tu'rde saylap alınatug'ın to'rt ken'isliklik funktsiyaları qaladı. Bul funktsiyalar koordinatalardı saylap alg'anda erkin tu'rde saylap alınatug'ın to'rt iqtıyarlı funktsiyag'a sa'ykes keledi.

$$\left. \begin{aligned} F_{23} &= \mathbf{x}, \quad F_{14} = \mathbf{l}_x, \\ F_{31} &= \mathbf{x}_y, \quad F_{24} = \mathbf{l}_y, \\ F_{12} &= \mathbf{x}_z, \quad F_{34} = \mathbf{l}_z. \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

Bunday jag'dayda u'sh o'lsheqli vektorliq analizdin' belgilewlerinde (60a) nın' ornına bilayınsha jaza alamız:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial t} + \text{rot } \mathbf{l} &= 0, \\ \text{div } \mathbf{x} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (60b)$$

Maksvell ten'lemelerinin' birinshi sistemasın Minkovskiy ta'repinen berilgen Maksvell ten'lemelerin ulıwmalastırıw arqalı alamız. $F_{\alpha\beta}$ kovariant vektorına sa'ykes keliwshi kontravariant 6 vektor

$$F^{\mu\nu} = g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} F_{\alpha\beta} \quad (62)$$

ha'm boslıqtag'ı elektr tog'mın' tıg'ızlıg'ı bolg'an kontravariant 4 vektor I_μ dı kirgizemiz. Bunday jag'dayda (40)-qatnastı eske alıp qa'legen anıqlawshısı 1 ge ten' (bizin' koordinatalardı saylap alıwımızg'a muwapıq) tu'rlendiriwge qarata invariant to'mendegidey ten'lemeler sistemasın jaza alamız:

$$\frac{\partial F^{\mu\nu}}{\partial x_\nu} = I^\mu. \quad (63)$$

Belgilewler kirgizemiz:

$$\left. \begin{aligned} F^{23} &= \mathbf{x}', \quad F^{14} = -\mathbf{l}'_x, \\ F^{31} &= \mathbf{x}'_y, \quad F^{24} = -\mathbf{l}'_y, \\ F^{12} &= \mathbf{x}'_z, \quad F^{34} = -\mathbf{l}'_z. \end{aligned} \right\} \quad (64)$$

Bul shamalar arnawlı salıstırmalıq teoriyasında sa'ykes $\mathbf{x}', \dots, \mathbf{l}'_z$ shamalarına ten'. Ja'ne belgilewler qabıl etemiz

$$I^1 = i_x, \quad I^2 = i_y, \quad I^3 = i_z, \quad I^4 = \rho.$$

Bunday jag'dayda (63) tin' ornına alamız

$$\left. \begin{aligned} \text{rot } \mathbf{x}' - \frac{\partial \mathbf{l}'}{\partial t} &= i, \\ \text{div } \mathbf{l}' &= \rho. \end{aligned} \right\} \quad (63a)$$

(60)-, (62)-, (63)-ten'lemeler koordinatalardı saylap alıw boyınsha paydalanılğ'an usıldag'ı boslıqtag'ı maydan ushın ulıwmalasqan Maksvell ten'lemeleri bolıp tabıladı.

Elektromagnit maydanının' energiyası tenzorının' qurawshıları.

$$\kappa_{\sigma} = F_{\sigma\mu} I^{\mu} \quad (65)$$

ishki ko'beymesin du'zemiz. (61) ge sa'ykes jazılg'an onın' qurawshıları u'sh o'lsheмли belgilewlerde mına tu'rge iye boladı

$$\left. \begin{aligned} \kappa_1 &= \rho \mathbf{1}_x + [\mathbf{i}, \mathbf{x}]_x, \\ \dots\dots\dots \\ \kappa_4 &= -(\mathbf{i}, \mathbf{1}). \end{aligned} \right\} \quad (65a)$$

κ_{σ} shaması kovariant 4 vektor bolıp tabıladı. Onın' qurawshıları elektr zaryadlarınan elektromagnit maydanına ko'lem birliğinde ha'm waqıt birliğinde beriletug'm keri belgidegi impulske yamasa, sa'ykes, energiyag'a ten'. Eger elektr zaryadları erkin bolsa, yag'nıy olar tek elektromagnit maydanının' ta'sirinde g'ana bolsa, onda κ_{σ} kovariant 4 vektorı nolge aylanadı.

Energiya qurawshıları T_{σ}^{ν} dın' qurawshıların alıw ushın $\kappa_{\sigma} = 0$ ten'lemesine (57)-ten'lemenin' tu'rin beriw jetkilikli. Bunday jag'dayda (63) ha'm (65) ten da'slep alamız

$$\kappa_{\sigma} = F_{\sigma\mu} \frac{\partial F^{\mu\nu}}{\partial x_{\nu}} = \frac{\partial}{\partial x_{\nu}} (F_{\sigma\mu} F^{\mu\nu}) - F^{\mu\nu} \frac{\partial F_{\sigma\mu}}{\partial x_{\nu}}.$$

On' bo'limdegi ekinshi ag'zanın' (60) qa sa'ykes mınaday etip tu'rlendiriliwi mu'mkin

$$F^{\mu\nu} \frac{\partial F_{\sigma\mu}}{\partial x_{\nu}} = -\frac{1}{2} F^{\mu\nu} \frac{\partial F^{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} = -\frac{1}{2} g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} F_{\alpha\beta} \frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}}.$$

Simmetriya ko'z-qarası boyınsha keyingi an'latpa bılay da jazıladı

$$-\frac{1}{4} \left[g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} F_{\alpha\beta} \frac{\partial F_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}} + g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} \frac{\partial F_{\alpha\beta}}{\partial x_{\sigma}} F_{\mu\nu} \right].$$

Biraq bunın' ornına bılayınsha jaza alamız

$$-\frac{1}{4} \frac{\partial}{\partial x_{\sigma}} (g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta} F_{\alpha\beta} F_{\mu\nu}) + \frac{1}{4} F_{\alpha\beta} F_{\mu\nu} \frac{\partial}{\partial x_{\sigma}} (g^{\mu\alpha} g^{\nu\beta}).$$

Bul an'latpanın' birinshi ag'zasın mına tu'rde ko'rsetiwge boladı

$$-\frac{1}{4} \frac{\partial}{\partial x_{\sigma}} (F^{\mu\nu} F_{\mu\nu}).$$

Ekinshi ag'za bolsa differentsiallowdan ha'm bazı bir tu'rlendiriwlerden keyin mına formanı qabıllaydı

$$-\frac{1}{2}F^{\mu\tau}F_{\mu\nu}g^{\nu\rho}\frac{\partial g_{\rho\tau}}{\partial x_{\sigma}}.$$

Esaplanilg'an barlıq u'sh ag'zanı biriktirip

$$\kappa_{\sigma} = \frac{\partial T_{\sigma}^{\nu}}{\partial x_{\nu}} - \frac{1}{2}g^{\mu\nu}\frac{\partial g_{\mu\nu}}{\partial x_{\sigma}}T_{\sigma}^{\nu}. \quad (66)$$

qatnasın alamız. Qala berse

$$T_{\sigma}^{\nu} = -F_{\sigma\alpha}F^{\nu\alpha} + \frac{1}{4}\delta_{\sigma}^{\nu}F_{\alpha\beta}F^{\alpha\beta}. \quad (66a)$$

(66)-ten'lik κ_{σ} nolge ten' bolg'anda (30) g'a sa'ykes (57) ge yamasa, sa'ykes, (57a) g'a ekvivalent. Demek T_{σ}^{ν} elektromagnit maydanının' energiyasının' qurawshıları bolıp tabıladı. (61) ha'm (64) ten'likleri ja'rdeminde arnawlı salıstırmalıq teoriiyası jag'dayında elektromagnit maydanının' energiyasının' bul qurawshılarının' Maksvell-Poyntingtin' belgili an'latpasın quraytug'ınlıg'ın an'sat ko'rsetiwge boladı.

Solay etip biz $\sqrt{-g}$ bolatug'ın koordinatalar sistemasın paydalanıp gravitatsiyalıq maydan menen materiya qanaatlandırıtug'ın en' ulıwmalıq nızamlardı keltirip shıg'ardıq ha'm sonın' saldarınan bizler formulalar menen esaplawlardı a'dewir a'piwayılastırdıq. Usının' menen birge biz ulıwmalıq kovariantlıq talabınan bas tartpadıq. Sebebi biz ten'lemelerimizdi koordinatalar sistemasın tek arnawlı tu'rde saylap alıw arqalı ulıwmakovariantlıq ten'lemelerden keltirip shıg'ardıq.

Biraq ba'ri bir saqlanıw nızamları (impulstin' ha'm energiyanın') o'z ku'shinde qala ma, ja'ne (56)- ha'm, sog'an sa'ykes (52)- yamasa (52a)-ten'lemeler menen berilgen gravitatsiyalıq maydannın' on' ta'repinde divergentsiya (a'dettegi ma'niste), al on' ta'repinde materiya menen gravitatsiyalıq maydannın' energiyalarının' qosındısı turg'an ten'lemeleri gravitatsiyalıq maydan menen materiyanın' energiyalarının' qurawshıların sa'ykes ulıwmalastrıp anıqlag'anda ha'm koordinatalar sisteması arnawlı tu'rde saylap alınbag'anda o'z ku'shinde qala ma degen soraw formal tu'rdegi qızıg'ıwshılıq payda etedi. Men bunın' haqıyqatında da tap sonday ekenligin taptım. Biraq men bul soraw boyınsha jetkilikli da'rejedegi uzın-shubay tallawdı maqsetke muwapıq keledi dep esaplamayman. Sebebi bunday tallawdın' na'tiyjesinde ayta qalg'anday jan'a hesh na'rse de tabılmaıdı.

§ 21. Niuton teoriiyası birinshi jaqınlasıw sıpatında

Ko'p sanlı aytılp o'tilgenindey arnawlı salıstırmalıq teoriiyası ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyasının' dara jag'dayı sıpatında $g_{\mu\nu}$ dın' (4) turaqlı ma'nislerine iye bolıwı menen xarakterlenedi. Joqarıda bayang'anlarga muwapıq bul gravitatsiyalıq ta'sirlesiwidin' tolıq esapqa alınbaytug'ınlıg'ın bildiredi. Eger biz $g_{\mu\nu}$ di (4) tegi ma'nislerden kishi shamalarg'a (1 ge salıstırg'anda) ayrılıtug'ın bolsa dep esaplasaq biz haqıyqatlıqqa biraz jaqınlasamız. Bunday jag'dayda biz ekinshi ha'm onnan da joqarı bolg'an ta'rtiptegi kishi shamalardı esapqa almaymız (Tiykarg'ı ten'lemelerdi juwıq sheshiwidin' da'slepki sha'rti)

Bunnan keyin biz qarap atırǵ'an ken'islik-waqıtlıq oblastta koordinatalar sistemasın sa'ykes saylap alg'anda $g_{\mu\nu}$ dın' ma'nisi ken'islik boyınsha sheksizlikte (4) tegi ma'nislerine umtıladı dep esaplaymız. Bul tek ken'isliktin' shekli oblastındag'ı materiya ta'repinen payda etilgen gravitatsiyalıq maydandı qarap atırmız degendi an'latalı.

Usınday esapqa almay ketiw Niuton teoriyasına alıp keledi dep oylaw mu'mkin. Biraq bul ushın tiykarg'ı ten'lemelerde ekinshi ko'z-qarastan bazı bir esapqa almay ketiwlerge jol qoyıw talap etiledi. (46)-ten'lemelerdi qanaatlandırıwshı materiallıq noqattın' qozǵ'alısın qaraymız. Arnawlı salıstırmalıq teoriyasında

$$\frac{dx_1}{ds}, \quad \frac{dx_2}{ds}, \quad \frac{dx_3}{ds}$$

qurawshıları qa'legen ma'niske iye bola aladı. Bul o'z gezeginde jaqtılıqtın' boslıqtag'ı tezliginen kishi ($v < 1$) qa'legen tezliklerdin' bolıwının' mu'mkin ekenligin an'latadı:

$$v = \sqrt{\left(\frac{dx_1}{dx_4}\right)^2 + \left(\frac{dx_2}{dx_4}\right)^2 + \left(\frac{dx_3}{dx_4}\right)^2}$$

Eger v jaqtılıqtın' tezligine salıstırǵ'anda az bolsa (ta'jiriybede derlik barlıq waqıtta da bul jag'day orınlanadı), onda bul

$$\frac{dx_1}{ds}, \quad \frac{dx_2}{ds}, \quad \frac{dx_3}{ds}$$

shamalarınn' kishi shamalar dep qaralıwı kerek, al $\frac{dx_4}{ds}$ tin' ekinshi ta'rtpili shaması da'lliginde 1 ge ten' boladı (Tiykarg'ı ten'lemelerdi juwıq sheshiwidin' ekinshi sha'rti).

Tiykarg'ı ten'lemelerdi juwıq sheshiwidin' da'slepki sha'rtine baylanıslı barlıq $\Gamma_{\mu\nu}^{\tau}$ shamalarınn' en' keminde birinshi ta'rtpili kishi shamalar ekenligin dıqqatqa alamız. Biraq bul jerden mına jag'day kelip shıǵ'adı: bizin' ekinshi boljawımızǵ'a sa'ykes (46) da tek $\mu = \nu = 4$ bolǵ'an ag'zaldın' esapqa alınıwı kerek. To'mengi ta'rtpitegi ag'zalar menen sheklenip biz (46) nın' ornına da'slep mına ten'lemelerdi alamız:

$$\frac{d^2 x_{\tau}}{dt^2} = \Gamma_{44}^{\tau},$$

qala berse $ds = dx_4 = dt$. Tek birinshi ta'rtpili ag'zaldı alıp mınag'an iye bolamız:

$$\frac{d^2 x_{\tau}}{dt^2} = \begin{bmatrix} 44 \\ \tau \end{bmatrix}, \quad (\tau = 1, 2, 3).$$

$$\frac{d^2 x_4}{dt^2} = \begin{bmatrix} 44 \\ 4 \end{bmatrix}.$$

Eger usılardan basqa gravitatsiyalıq maydandı kvazistatikalıq dep esaplasaq, yag'mıy gravitatsiyalıq maydandı payda etiwshi materiya a'stelik penen qozǵ'aladı (jaqtılıqtın' tarqalıw tezligine salıstırǵ'anda) dep qabıl etsek, onda on' ta'reptegi ken'isliklik koordinata boyınsha

aling'an tuwindılardıń qasında waqıt boyınsha aling'an tuwindını esapqa almawg'a boladı ha'm sog'an sa'ykes alınadı:

$$\frac{d^2 x_\tau}{dt^2} = -\frac{1}{2} \frac{\partial g_{44}}{\partial x_\tau}, \quad (\tau = 1, 2, 3). \quad (67)$$

Bul Niuton teoriyasındag'ı materiallıq noqattın' qozg'alıs ten'lemesi bolıp tabıladı. Bul ten'lemede $\frac{g_{44}}{2}$ gravitatsiyalıq potentsialdın' ornın iyeleydi. Bul na'tiyjenin' a'hmiyeti sonnan ibarat, birinshi jaqınlasıwda fundamentallıq tenzordın' tek bir qurawshısı g_{44} materiallıq noqattın' qozg'alısın anıqlaydı.

Endi maydan ten'lemesi (53) ke kewil awdaramız. Bunday jag'dayda «materiya»nın' energiyası tenzorınnıń derlik tek materiyanın' tıg'ızlıg'ı ρ arqalı, yag'nıy (58) din' on' bo'liminin' ekinshi ag'zası [ha'm sa'ykes (58a) yamasa (58b)] anıqlanatug'mına itibar beriw kerek (bul so'zdin' en' tar ma'nisinde). Bizdi qızıqtıratug'ın jaqınlasıwda $T_{44} = \rho = T$ lardan basqa barlıq qurawshılar nolge ten' boladı. (53)-ten'lemenin' shep bo'limindegi ekinshi ag'za kishiligi boyınsha ekinshi ta'rtpili shamanı quraydı, al birinshi ag'za bizdi qızıqtıratug'ın jaqınlasıwda mına tu'rge enedi:

$$\frac{\partial}{\partial x_1} \begin{bmatrix} \mu v \\ 1 \end{bmatrix} + \frac{\partial}{\partial x_2} \begin{bmatrix} \mu v \\ 2 \end{bmatrix} + \frac{\partial}{\partial x_3} \begin{bmatrix} \mu v \\ 3 \end{bmatrix} + \frac{\partial}{\partial x_4} \begin{bmatrix} \mu v \\ 4 \end{bmatrix}.$$

Bul an'latpa $\mu = v = 4$ te ha'm waqıt boyınsha aling'an tuwindılardı taslap ketkende mına tu'rge enedi:

$$-\frac{1}{2} \left(\frac{\partial^2 g_{44}}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 g_{44}}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 g_{44}}{\partial x_3^2} \right) = -\frac{1}{2} \Delta g_{44}.$$

Solay etip, (53)-ten'lemelerdin' en' keyingisinin' bılayınsha jazılıwı mu'mkin:

$$\Delta g_{44} = \kappa \rho. \quad (68)$$

(67)-menen (68)-ten'lemeler birge alg'anda Niutonnın' tartılıs nızamına ekvivalent.

Gravitatsiyalıq potentsial ushın (67)- ha'm (68)-ten'lemeler tiykarında mına an'latpa alınadı

$$-\frac{\kappa}{8\pi} \int \frac{\rho d\tau}{r}. \quad (68a)$$

Al Niuton teoriyası bolsa biz saylap alg'an waqıt birligindegi bul shama ushın mına an'latpanı beredi

$$-\frac{K}{c^2} \int \frac{\rho d\tau}{r}.$$

Bul an'latpadag'ı K shaması $6,7 \cdot 10^{-8}$ ge ten' a'dettegi gravitatsiya turaqlısı. Eki an'latpanı salıstırıp mına shama alınadı:

$$\kappa = \frac{8\pi K}{c^2} = 1,87 * 10^{-27}.$$

§ 22. Statikalıq gravitatsiya maydanındag'ı masshtablar menen saatlardın' qa'siyetleri. Jaqtılıq nurının' mayısıwı. Planetalar orbitalarının' perigeliyinin' qozg'alısı

Birinshi jaqınlasıw sıpatında Niuton teoriyasın alıw ushın gravitatsiyalıq potentsial $g_{\mu\nu}$ din' 10 qurawshılarının' ishinen tek g_{44} ti esaplawg'a tuwrı keldi, sebebi bul qurawshı birinshi jaqınlasıwda gravitatsiyalıq maydandag'ı materiallıq noqattın' qozg'alıs ten'lemesi (67) ge kiredi. Birinshi jaqınlasıwda $g_{\mu\nu}$ din' basqa qurawshıları da (4) tegi shamalarınan parıq qılıwı kerek. Sebebi olar $g = -1$ sha'rti menen baylanısqa.

Maydan payda etiwshi ha'm koordinata basında turg'an materiallıq noqat ushın birinshi jaqınlasıwda radiallıq simmetriyalıq sheshim alınadı:

$$\left. \begin{aligned} g_{\rho\sigma} &= -\delta_{\rho\sigma} - \alpha \frac{x_\rho x_\sigma}{r^3}, & \left(\rho, \sigma = 1, 2, 3 \right) \\ g_{\rho 4} &= g_{4\rho} = 0, & \left(\rho = 1, 2, 3 \right) \\ g_{44} &= 1 - \frac{\alpha}{r}. \end{aligned} \right\} \quad (70)$$

Bul an'latpada $\rho = \sigma$ yamasa $\rho \neq \sigma$ g'a baylanıslı $\delta_{\rho\sigma}$ sa'ykes 1 ge yamasa 0 ge ten', al

$$r = +\sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2}.$$

Usının' menen birge (68a) ga baylanıslı iye bolamız:

$$\alpha = \frac{\kappa M}{4\pi}. \quad (70a)$$

Bul jerde M arqalı maydan payda etiwshi massa belgilengen. Bul sheshimnin' birinshi jaqınlasıwda maydan ten'lemelerin (massadan tıstag'ı) qanaatlandıratug'ınlıg'ın an'sat tekserip ko'riwge boladı.

Endi massası M bolg'an denenin' maydanının' ken'isliktin' metrlik qa'siyetlerine ta'sirin izertleybiz. «Lokallıq» o'lshegen uzınlıq (§ 4 ti qaran'ız) ha'm waqıt aralıg'ı ds bir ta'repten ha'm ekinshi ta'repten koordinatanın' o'simi dx_ν arasında barlıq waqıtta da qatnas orın aladı:

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu.$$

Mısalı x ko'sherine parallel bolg'an masshtab birligi ushın bılayınsha jazıw kerek:

$$ds^2 = -1, \quad dx_2 = dx_3 = dx_4 = 0.$$

yag'nıy

$$-1 = g_{11} dx_1^2.$$

Eger masshtab birligi sonın' menen birge x ko'sherinin' o'zinin' u'stinde jatsa, onda (70)-ten'lemelerdin' birinshisi minanı beredi

$$g_{11} = -\left(1 + \frac{\alpha}{r}\right)$$

Keyingi qatnaslardın' ekewinen birinshi jaqınlasıwda kelip shıg'adı:

$$dx = 1 - \frac{\alpha}{2r}. \quad (71)$$

Solay etip eger birlik masshtab radial bag'ıtta qoyılǵ'an bolsa, onda biz qarap atırǵ'an koordinatalar sistemasında, gravitatsiyalıq maydannın' bolıwının' saldarınan, ol biz tapqan qatnasta qısqarg'an bolıp shıg'adı.

Tap sonday jollar menen eger, mısıl retinde

$$ds^2 = -1, \quad dx_1 = dx_3 = dx_4 = 0,$$

$$x_1 = r, \quad x_2 = x_3 = 0.$$

tu'rinde alsaq ko'ldenen' bag'ıt jag'dayındag'ı masshtabın' koordinatalıq uzınlıǵ'ın alamız. Bunday jag'dayda iye bolamız

$$-1 = g_{22} dx_2^2 = -dx_2^2. \quad (71a)$$

Solay etip masshtabqa ko'ldenen' bag'ıtta tu'sirgende materiallıq noqattın' gravitatsiyalıq maydanı sterjennin' uzınlıǵ'ına hesh qanday ta'sir jasamaydı eken.

Demek gravitatsiyalıq maydanda eger bir kesindini realizatsiyalaw sıpatında biz bir sterjendi ha'r qıylı orınlarda ha'm ha'r qıylı jag'daylarda paydalansaq Evklid geometriyası ha'tte birinshi jaqınlasıwda da durıs bolmaydı. Biraq (70a)- ha'm (69)-qatnaslar Evklid geometriyasınan ku'tiletug'ın awıtqıwların' Jerdin' betinde o'lsheuler ju'rgizilgende seziw mu'mkin bolmaytug'ınday og'ada kishi bolatug'ınlıǵ'ın ko'rsetedi.

Meyli endi statikalıq gravitatsiya maydanında tınıshlıqta turatug'ın etalon saatlardın' ju'riwinin' tezligi izertlenetug'ın bolsın. Bul jag'dayda waqıttın' birlik intervalı ushın iye bolamız:

$$ds = 1, \quad dx_1 = dx_2 = dx_3 = 0.$$

Demek

$$dx_4 = \frac{1}{\sqrt{g_{44}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (g_{44} - 1)}} = 1 - \frac{g_{44} - 1}{2}$$

yamasa

$$dx_4 = 1 + \frac{\kappa}{8\pi} \int \frac{\rho d\tau}{r}. \quad (72)$$

Solay etip salmaqlı massalarg'a jaqın ornatılğ'an saatlardın' a'sterek ju'retug'ınlıg'ın ko'remiz. Bunnan u'lken juldızlardın' betinen bizge kelip jetetug'ın jaqtılıqtın' spektrallıq sızıqlarının' spektrdin' qızıl ta'repine awısıwının' kerek ekenligi kelip shıg'adı¹³³.

Bunnan bılay statikalıq gravitatsiya maydanındag'ı jaqtılıq nurının' jolın izertleymiz. Arnawlı salıstırmalıq teoriiyası boyınsha jaqtılıqtın' tarqalıwı

$$-dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2 + dx_4^2 = 0$$

ten'lemesi menen ta'riplenedi. Demek ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyasında bul tezlik

$$ds^2 = g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu = 0 \quad (73)$$

ten'lemesi ja'rdeminde anıqlanadı. Eger nurdın' bag'ıtı berilgen bolsa (yag'nıy $dx_1:dx_2:dx_3$ qatnası berilgen bolsa), onda (73)-ten'lemeden

$$\frac{dx_1}{dx_4}, \quad \frac{dx_2}{dx_4}, \quad \frac{dx_3}{dx_4}$$

shamaların esaplaw mu'mkin ha'm solay etip Evklid geometriyası ma'nisindegi tezlik

$$\sqrt{\left(\frac{dx_1}{dx_4}\right)^2 + \left(\frac{dx_2}{dx_4}\right)^2 + \left(\frac{dx_3}{dx_4}\right)^2} = \gamma$$

tezligin anıqlaw mu'mkin. Bul jerde eger $g_{\mu\nu}$ turaqlı bolmasa jaqtılıq nurlarının' koordinatalar sistemasına salıstırğ'anda mayısatug'ınlıg'ın an'sat ko'riwge boladı. Eger n arqalı jaqtılıqtın' tarqalıw tezligine perpendikulyar bag'ıt belgilengen bolsa, onda Giuygens printsipi tiykarında $[(\gamma, n)$ tegisliginde qaralıp atırğ'an] jaqtılıq nurının' $-\frac{\partial\gamma}{\partial n}$ iymekligine (mayısıwına – B.A.) iye bolatug'ınlıg'ı kelip shıg'adı.

Endi M massasınan bazı bir Δ qashıqlıg'ınan o'tetug'ın jaqtılıq nurının' mayısıwın izertleymiz (1-su'wret). Eger kooridanata sistemasın su'wrette ko'rsetilgendey etip saylap alsaq, onda jaqtılıq nurının' ulıwmalıq mayısıwı B (eger nurdın' traektoriyası koordinata basına o'zinin' iymeygen ta'repi menen qarag'an bolsa on' dep qabıl etiledi) jetkilikli da'rejedegi jaqınlasıwda

$$B = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\partial\gamma}{\partial x_1} dx_2$$

an'latpası menen beriledi. Qala berse (73) penen (70) ten alınadı:

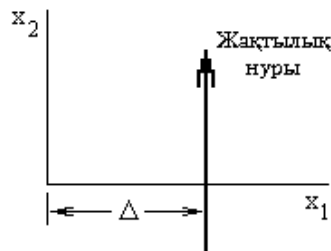
¹³³ E.Froyndlix ta'repinen ju'rgizilgen belgili bir tiptegi juldızlardı spektrallıq baqlawdın' na'tiyjeleri usınday effektin' orın alatug'ınlıg'ının' paydasına sa'ykes keledi. Biraq biz alg'an na'tiyjelerdi tolıq tekserip ko'riw isleri ele ju'rgizilgen joq.

$$\gamma = \sqrt{-\frac{g_{44}}{g_{22}}} = 1 - \frac{\alpha}{2r} \left(1 + \frac{x_2^2}{r^2} \right)$$

Esaplawlar minanı beredi

$$B = \frac{2\alpha}{\Delta} = \frac{\kappa M}{2\pi\Delta}. \quad (74)$$

Bul formulag'a muwapıq Quyashtın' qasınan o'tip baratırğ'an jaqtılıq nurı 1'',7 ge al IUpter planetası qasınan o'tip baratırğ'an jaqtılıq nurı shama menen 0'',02 ge bag'ıtın o'zgerledi.



1-su'wret.

Eger salmaq maydanın joqarıraq ta'rtiptegi shamalar da'lliginde esaplasa ha'm sog'an sa'ykes da'llikte massası sheksiz kishi bolğ'an materiallıq noqattın' orbita boyınsha qozğ'alısın esaplasa, onda Kepler-Niutonnnın' planetalardıń qozğ'alıs nızaminan to'mendegidey awıttıqlar tabıladı. Planetanın' ellips ta'rizli orbitası planetanın' qozğ'alıs bag'ıtında ha'm sol planetanın' tolıq bir aylanıp shıǵ'ıw da'wirinde

$$\varepsilon = 24\pi^3 \frac{a^2}{T^2 c^2 (1 - e^2)} \quad (75)$$

ma'nisine ten' shamag'a a'stelik penen burıladı. Bul formuladag'ı a orbitanın' u'lken yarım ko'sheri, c a'dettegi birliklerdegi jaqtılıqtın' tezligi, e orbitanın' ekstsentrisiteti, T arqalı sekundlardag'ı planetanın' aylanıw da'wiri belgilengen¹³⁴.

Merkuriy planetası ushın ha'r ju'z jılda 43'' qa ten' bolğ'an orbitanın' burılıwı alınadı. Bul shama astronomlar ta'repinen tabılğ'an shamag'a da'l sa'ykes keledi (Levere). Astronomlar haqıyqatında da bul planetanın' perigeliyinin' ulıwmalıq qozğ'alısının' bazı bir bo'leginin' basqa planetalardıń ta'sirine bolmaytug'ınlıǵın ha'm joqarıda ko'rsetilgen shamag'a ten' ekenligin taptı.

1916-jıl 20-mart ku'ni kelip tu'sti.

EKSPERIMENTTE TASTIYIQLANIWI

O'zinin' teoriyaların do'retkende Eynshteyn o'zinin' aldına olardıń durıslıǵının' eksperimentlerde tastıyıqlanıwın maqset etip qoyğ'an joq. Eynshteyn ushın teoriyanın' logikalıq

¹³⁴ Esaplawlar menen qızıǵ'ıwshılarg'a mına originallıq jumıslardı ko'riwdi usınamız:

A. Einstein. Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss., 1915, 47, 2, 831.

K. Sshwarzschild. Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss., 1916, 189.

jaqtan durıslıg'ı en' a'hmiyetli ko'rsetkish bolıp tabıldı. Sonın' menen birge biz mına jag'daylarg'a itibar beremiz:

1. Arnawlı salıstırmalıq toeriyasının' na'tiyjelerin eksperimentte da'lillew ushın u'lken, jaqtılıq tezligine shamalas tezlikler kerek.
2. $E = mc^2$ formulasının' durıslıg'ın da'lillew ushın joqarı energiyalar kerek. Bunday joqarı energiyalar tek yadro fizikası menen elementar bo'leksheler fizikasının' jetiskenliklerine baylanıslı alınıwı mu'mkin (biz Eynshteynnin' 1905-jılǵı «Denenin' inertsiyası usı denede toplanǵan energiyadan g'a'rezli me?» maqalasındag'ı «Energiyası u'lken da'rejede o'zgeretug'ın zatlar ushın teoriyanı tekserip ko'riw mu'mkinshiligi joq emes (mısalı radiy duzları ushın)» degen so'zlerin eske alamız.
3. Ulıwmalıq salıstırmalıq toeriyasının' durıslıg'ın eksperimentte tekserip ko'riw ushın ku'shli gravitatsiya maydanları kerek. A'dewir ku'shli gravitatsiyalıq maydanın Quayash do'rete aladı. Al gravitatsiyalıq maydannın' ku'shli yamasa ha'lsiz ekenligin skalyar gravitatsiyalıq potentsial dep atalatug'ın shama ko'rsete aladı. Bul eki energiyanın' qatnasınan turadı: birinshisi pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamındag'ı gravitatsiyalıq energiya $E_N = G \frac{m_1 m_2}{r}$, ekinshisi Eynshteynnin' $E_E = mc^2$. Bul shamalardıń qatnası $\varphi = \frac{E_N}{E_E} = \frac{G \frac{m_1 m_2}{r}}{m_1 c^2} = G \frac{m_2}{rc^2}$. Bul an'latpada m_2 arqalı gravitatsiya maydanın payda etetug'ın denenin' massası belgilengen. Quayash ushın φ din' shaması 10^{-6} nı, al neytron juldızları ushın 10^{-2} - 10^{-3} ti quraydı. Sonlıqtan ulıwmalıq salıstırmalıq toeriyasının' durıslıg'ın tekserip ko'riw ushın skalyar gravitatsiyalıq potentsialı u'lken bolǵan denelerdin' qa'siyetlerin u'yreniw kerek boladı. Al bunday deneler bolsa XX asirdin' ekinshi yarımında ashıla basladı (pulsarlar, basqa da astronomiyalıq ob'ektler).

Quyashtın' salıstırmalı tu'rdegi ku'shli gravitatsiya maydanı Eynshteynnin' ulıwmalıq salıstırmalıq toeriyasının' ayırım na'tiyjelerin tekserip ko'riwge mu'mkinshilik berdi (Eynshteynnin' 1916-jılǵı maqalasında qanday eksperimentlerdi o'tkeriwdin' kerek ekenligi bar).

Energiya bazı bir massag'a ekvivalent bolǵanlıqtan ha'm inert massa salmaq massa bolıp tabılaturınlıǵınan tartılıstın' energiyag'a da ta'sir etetug'ınlıǵı kelip shıǵadı¹³⁵. Sonlıqtan gravitatsiya maydanı arqalı o'tip baratırǵan jaqtılıq nurının' bag'ıtının' o'zgeriwi kerek. Jaqtılıq nurının' bag'ıtının' tartılıs maydanında o'zgeretug'ınlıǵı Niutong'a tiyisli bolǵan jaqtılıqtın' korpuskulalıq toeriyasınan da kelip shıǵadı. Sa'ykes esaplaw 1804-jılı Zoldner ta'repinen orındandı. Ol salıstırmalıq toeriyası ja'rdeminde esaplang'an shamadan eki ese kishi ma'nisti aldı. 1919-jılı 29-may ku'ni ha'm 1922-jılı 21-sentyabr ku'ni tolıq Quayash tutılıw barısında o'tkerilgen o'lshewler salıstırmalıq toeriyasının' juwmaqlarının' jurislig'ın sanlıq jaqtan tastıyıqladı (bul haqqında astronomlar arasında tolıq kelisiw orın alg'an joq).

Kuyashtın' qaptalınan o'tkende jaqtılıq nurlarının' bag'ıtın' o'zgetetug'ınlıǵı arnawlı salıstırmalıq toeriyasında joq. Sebebi arnawlı salıstırmalıq toeriyası tek gravitatsiyalıq maydanlar bolmag'an jag'daylarda g'ana (basqa so'z benen aytqanda tek inertsiyalıq esaplaw sistemaları ushın) durıs. Arnawlı salıstırmalıq toeriyası ulıwmalıq salıstırmalıq toeriyasına salıstırǵanda juwıq tu'rdegi teoriya bolıp tabıladı. Tap sol sıyaqlı klassikalıq mexanika arnawlı salıstırmalıq toeriyasına salıstırǵanda juwıq teoriya bolıp tabıladı. Bul ga'plerdin' barlıǵın biz basqasha tu'sindiremiz. Klassikalıq mexanika arnawlı salıstırmalıq toeriyasının' (kishi tezliklerdegi) dara jag'dayı, al arnawlı salıstırmalıq toeriyası bolsa ulıwmalıq salıstırmalıq toeriyasının' (tezleniw nolge ten' bolǵan jag'daydag'ı) dara jag'dayı bolıp tabıladı. Sonlıqtan rus tilinen aling'an

¹³⁵ Eynshteynnin' ulıwmalıq salıstırmalıq toeriyası boyınsha gravitatsiya maydanın tek massa emes, al energiya da, basım da payda etedi.

«arnawlı salıstırmalıq teoriyası» degen at sa'tli qoyılǵ'an at emes, eger onın' ornına «dara salıstırmalıq teoriyası» dep atag'anda o'zinin' mazmunına tolıq sa'ykes kelgen bolar edi. Haqıyqatında da Eynshteyn o'zinin' 1905-jılǵ'ı maqalası haqqında ga'p etkende barlıq waqıtta da «arnawlı salıstırmalıq teoriyası» nın' «ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası» nın' dara jag'dayı ekenligin atap o'tedi.

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' ekinshi tastıyıqlanıwı planetalardıń qozǵ'alısın izertlewlerdin' barısında tastıyıqlandı. Bul teoriyadan planetalardıń ellips ta'rizli orbitalarının' tuyıq emes ekenligi kelip shıǵ'adı. Usnıń na'tiyjesinde ellips ta'rizli orbitanın' waqıttın' o'tiwi menen Quyashtın' do'geresinde aylanıwı kerek. Astronomiyada bul qubılıs orbitanın' perigeliyinin' burılıwı tu'rinde belgili. Quyash sistemasında bul effekt Merkuriy ushın baqlanadı. Niutonnnıń pu'tkil du'nyalaq tartılıs nızamında joq bul effekt ju'da' ha'lsiz. Mısalı Merkuriydin' ellips ta'rizli orbitasınıń Quyashtın' do'geresinde bir ret tolıq aylanıp shıǵ'ıwı ushın u'sh million jıl kerek boladı.

Merkuriy planetasınıń orbitasınıń aylanıwı (bul qubılıs astronomiyada orbitanın' perigeliyinin' awısıwı dep ataladı) astronomlar ta'repinen baqlang'an edi ha'm olar bul qubılıstı basqa planetalardıń ta'siri sıpatında tu'sindiriwge ha'reket etti. Biraq o'tkerilgen esaplaw jumıslarının' na'tiyjeleri basqa planetalardıń ta'sirinen orbitanın' burılıwı astronomiyalıq baqlawlarda alıń'an shamalardan a'dewir kishi ekenligin ko'rsetti. Bunday ayırmanı Niuton mexanikası sheklerinde tu'sinliriwdin' mu'mkinshiligi bolmadı. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' ko'z-qarasları boyınsha ma'sele 1915-jılı Eynshteyn ta'repinen (joqarıda keltirilgen Eynshteynnin' maqalasın qaran'ız) ta'repinen qarap shıǵ'ıldı ha'm 1916-jılı nemis ilimpazı SHvartsshild ta'repinen tolıq sheshildi. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası boyınsha o'tkerilgen esaplawlardın' juwmaqlarının' astronomiyalıq baqlawlar na'tiyjeleri menen sa'ykes keliwi ilimpazlarg'a u'lken ta'sir etti. Solay etip Merkuriy planetasınıń perigeliyinin' awısıwı arnawlı salıstırmalıq teoriyasının' tuwrıdan-tuwrı na'tiyjesi bolıp tabıladı eken

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' durıslıǵ'ın tastıyıqlawshı u'shinshi effekt «Eynshteyn effekti» dep ataladı ha'm bul effekt juldızlardan shıqqan jıqtılıqtın' spektr sızıqlarının' qızıl ta'repke qaray awısıwınan turadı. Joqarıda aytlıǵ'anınday salmaq maydanındag'ı saatlardın' a'sterek ju'retug'ınlıǵ'ı aytılıp o'tilgen edi. Terbelmeli qozǵ'alıslardıń saattın' ju'riwine sa'ykes keletug'ın bolǵ'anlıǵ'ınan teoriya salmaq maydanı bar orınlarda jaqtılıqtın' jiyiliginin' kishireyiwin boljap ko'rsetedi. Bunnan juldız shıǵ'arg'an jaqtılıqtın' spektrlik sızıqlarının' jerdegi derekler shıǵ'arg'an jaqtılıqtın' spektrlik sızıqlarına salıstırǵ'anda qızıl ta'repke qaray awısatug'ınlıǵ'ı kelip shıǵ'adı. 1925-jılı Adame Sirius juldızının' ha'm onın' joldasının' spektrlerin su'wretke tu'siriw jolı menen qızılǵ'a awısıwdı baqladı.

Ha'zirgi waqıtları qızılǵ'a awısıw qubılısı (biz bunı gravitatsiyalıq qızılǵ'a awısıw qubılısı dep ataymız) lazerlerdin' ja'rdeminde laboratoriyalıq sharayatlarda da baqlanbaqta.

Solay etip ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' durıslıǵ'ı eksperimentlerde tastıyıqlandı.

KOSMOLOGIYA

Biz da'slep kosmologiya haqqında qısqaşa tu'sinikler beremiz. Kirill ha'm Mifodiydin' entsiklopediyası boyınsha *kosmologiya* (kosmos ha'm logos - so'z, ta'limat) A'lemdi tutası menen izertleytug'ın fizikalıq ta'limat. Bul ta'limat A'lemnin' astronomiyalıq baqlawlar ja'rdeminde izertlew mu'mkin bolǵ'an bo'limindegi en' ulıwmalıq qa'siyetlerine (bir tekliklik, izotroplıq, ken'eyiw) tiykarlanadı.

Kosmologiya ha'zirgi zaman astrofizikasının' en' tez pa'tler menen rawajlanıp atırǵ'an bo'limi bolıp tabıladı. Kosmologıyanın' fizika ilimi ushın a'hmiyeti energıyanın' Plank ma'nisine shekemgi ($\sim 10^{19}$ GeV) ma'nislerindagi fundamentallıq fizikalıq nızamlardı baqlaw mag'lıwmatların teoriyalıq boljawlar menen salıstırıw arqalı tekseriw mu'mkinshiliginin' bar ekenliginde bolıp tabıladı. Bul ma'selelerdi qarap shıqpastan burın isenimli tu'rde tekserilgen fizikalıq nızamlar menen baqlang'an faktlarg'a tiykarlanatug'm a'piwayı klassikalıq kosmologiyalıq modeldi qarap shıǵ'amız.

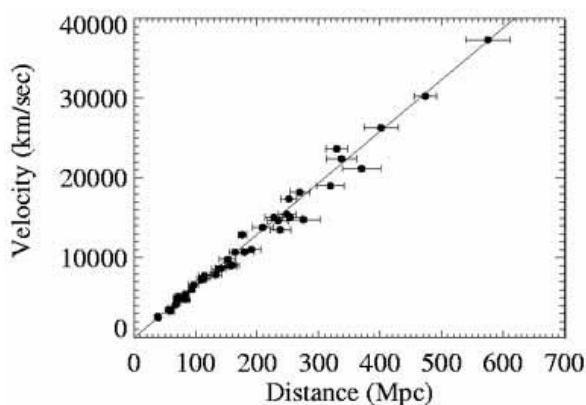
Klassikalıq kosmologiya. Kosmologiyalıq printsip. Fizikada jaqtılıqtın' tezliginin' turaqlılıǵ'ı, ekvivalentlik printsipi (bul printsip ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' tiykarında jatadı) ha'm sol sıyaqlı basqa da printsiplerdey printsiplerdin' bar ekenligin bilemiz. Tap sol sıyaqlı aqlıǵ'a muwıpq keletug'm kosmologiyalıq modellerdin' tiykarında A'lemde ayrıqsha baqlawshılar dın' bolıwı mu'mkin emes degen mazmundag'ı kosmologiyalıq printsip bar. Geyde bul printsipti «Kopernik printsipi» dep te ataydı (Koperniktin' ilim tariyxında birinshi bolıp du'nyanın' georaylıq sistemasınan bas tartqanlıǵ'ın bilemiz). Bul printsip boyınsha turaqlı waqıttın' giperbetinde jaylasqan qa'legen noqatta turg'an baqlawshı ushın A'lemnin' globalıq xarakteristikaları birdey boladı. Ha'zirgi waqıtları bul printsip og'ada u'lken da'llikte astronomiyalıq baqlawlar ja'rdeminde [A'lemdegi u'lken masshtablardag'ı (>100 Mpk) qa'legen materıyanın' tarqalıwının' bir tekiligi ha'm A'lemnin' izotropiyası (ayırıqsha bag'ıtlardın' bolmawı)] menen tastıyıqlang'an. Tek usı jag'daydan' o'zi A'lemde ta'ripleytug'm ko'p sanlı matematikalıq modellerdin' ishinen ayırımların saylap alıwg'a mu'mkinshilik beredi.

XX kosmologıyasının' qısqasha tariyxı. Biz baqlaw ha'm teoriyalıq jollar menen ashılǵ'an jan'alıqlardıń tariyxın keltiremiz:

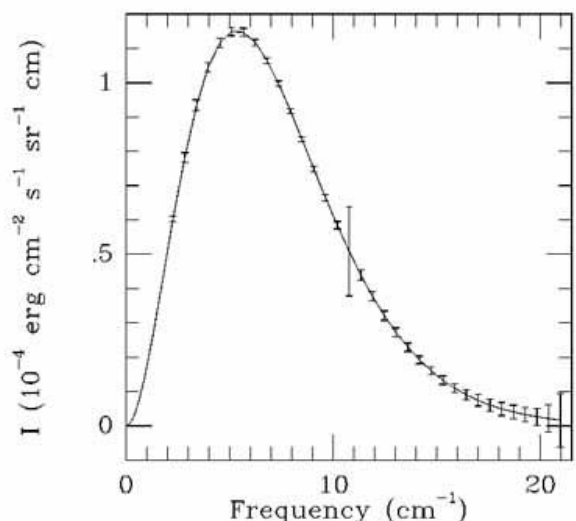
1910-1922 jıllar. Slayfer galaktikalardıń spektrindegi qızılǵ'a awısıwdı ashtı:

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{em}}{\lambda_{em}}$$

bul an'latpada λ_{em} ha'm λ_{obs} arqalı derek penen baqlawshının menshikli koordinatalar sistemasındag'ı nurlanıw uzınlıqları belgilengen.



1a tipindegi asa jan'a ushın Xabbl diagramması (km/s lardag'ı galaktikalardıń qashıqlasıw tezliginin' Mpk lerdegi qashıqlıqtan g'a'rezliligi). Qıyalıq



Kosmoslıq mikrotolqınlıq (reliktivlik) nurlanıwdın' spektri. Tutas sızıq arqalı temperaturası $T=2.728$ K bolǵ'an absoliut qattı dene ushın Plank funktsiyası.

mu'yeshinin' tangensi Xabbl turaqlısının' ha'zirgi zamanlardag'ı ma'nisin beredi: $H_0 = 64 \text{ km/s/Mpk}$.

1916-jılı A.Eynshteyn, Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasın do'retti. 1922-1924 jıllar A. Fridman, Eynshteyn ten'lemelerinin' statsionar emes sheshimlerin (Fridmannın' kosmologiyalıq modelleri) taptı.

1929-jılı E. Xabbl, qashıqlasıwshı galaktikalar ushın $v = H_r$ nızamı ashıldı. Qashıqlasıwshı galaktikalardıñ tezlikleri qızılǵ'a awısıwdı Doppler effekti dep interpretatsiyalaw jolı menen anıqlanadı: Kishi z lerde

$$x = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}.$$

Xabbl turaqlısının' ma'nisiin birinshi ret o'lishendi (su'wrette keltirilgen) 1933-jılı F. TSvikki, galaktikalar jıyınalardıñ jasırın massanın' bar ekenligin taptı.

1949-jılı Alfer, Bete, Gamov – «Issı A'lem gipotezasın» usındı ha'm temperaturası $T \sim 5 \text{ K}$ bolǵ'an reliktiv nurlardıñ bar ekenligin boljadı.

1965-jılı A. Penzias, R. Vilson temperaturası shama menen 3 K bolǵ'an kosmoslıq izotrop mikrotolqınlıq fonnın' (reliktiv nurlardıñ) bar ekenligin eksperimentte boljadı.

1979-80 jılları A. Gus, A.A. Starobinskiy, A.D. Linde, D.A. Kirjnits «inflyatsiyalıq» (u'rleniwshı) A'lem gipotezasın usındı.

1992-1993 jıllar. «Relikt» (Rossiya) ha'm «COBE» (AQSH) kosmoslıq eksperimentlerinde reliktiv nurlanıwdıñ fluktuatsiyaları baqlandı. 2006-jılı «SOVE» proektinin' basshıları Djon K.Mazer ha'm Djordj F.Smut xalıq aralıq Nobel sıylıǵ'ın alıwǵ'a miyasar boldı.

1998-jıl. Reliaktiv mikrotolqınlıq nurlanıwdıñ fluktuatsiyaların' mu'yeshlik spektri o'lishendi.

2001-jılı 30-iiun ku'ni reliktiv mikrotolqınlıq nurlanıwdı izertlew maqsetinde Jerdin' WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) dep atalıwshı jasalma joldası ushırıldı. Da'slepki boljawlar boyınsha bul apparattın' 27 ay dawamında islewi kerek edi. Keyinirek onın' islewi 2009-jılı sentyabr ayına shekem sozıldı. Bul apparat to'mendegidey mag'lıwmatlardı berdi:

1. WMAP bergen mag'lıwmatlar U'ken partlanıwdıñ teoriyalıq modelin, bunnan keyingi inflyatsiya stadiyasının' bar ekenligin ha'm A'lemde jasırın energiyanın' basım ekenligin tastıyıqladı.

2. A'lemdegi energiyanın' (ha'm massanın') tıǵ'ızlıǵ'ının' kritikalıq tıǵ'ızlıqqa qatnasının' 1.02 ± 0.02 shamasına ten' ekenligin berdi.

3. A'lemnin' materiyasının' quramına «a'dettegidey» barionlıq zat kiredi. Onın' A'lemdegi u'lesi 0.044 ± 0.004 ; jasırın massa – u'lesi 0.22 ± 0.04 ; jasırın energiya - u'lesi 0.73 ± 0.04 . Jen'il neytrinolardıñ u'lesine ulıwma massanın' 0.015 bo'limi tiyisli, al sol neytrinolardıñ massası 0.23 eV tan u'ken emes.

4. Eger kosmologiyalıq ag'za λ nin' shaması qızılǵ'an awısıw z tin' ma'nisinen g 'a'rezsiz bolsa, onda Xabbl turaqlısının' ma'nisi $H_0 = 71 \pm 3 \text{ km/s/Mpk}$ shamasına ten'.

5. A'lemnin' jası U'ken partlanıw momentinen baslap 13.7 ± 0.2 mlrd jılǵ'a ten'.

6. En' keyingi shashıraw momenti $z = 1089 \pm 1$ qızılǵ'a awısıwına ha'm $379 \pm 7 \text{ mln' jılǵ'a ten'}$.

7. Zatlardıñ reionizatsiya momenti $z = 20 \pm 10$, qızılǵ'a awısıwına ha'm 100 den $400 \text{ mln jılǵ'a ten'}$ (en' itimal ma'nis 180 mln jıl).

Eynshteyn ha'm Max. 1916-jılı Eynshteyn UST¹³⁶ o'zinin' birinshi sholıw maqalası boyınsha jumıs islep atırg'nada Ernst Max du'nyadan o'tti. Eynshteyn o'zinin' tiykarg'ı jumısın toqtattı ha'm Max haqqında kishi maqalasın jazdı. Bul maqala

¹³⁶ «Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası» dep jazıwdıñ ornına endigiden bılay UST belgisin qoyamız.

«Naturwissenschaften» jurnalının' redaksiyasına «Annalen der Physik» jurnalının' redaksiyasına UST boyınsha sholiw maqalası kelip tu'spesten bir ha'pte burın barıp tu'sti. Max haqqındag'ı maqala a'dettegidey emes nekrolog edi. Bul maqalada Eynshteynde ilimpazdın' portretin onı teren' tu'siniw, onın' xızmetlerin, ol islegen waqıttı ta'riplew, onın' tabısların da, kemshiliklerin de a'dalatlıq penen bahalaw qa'biletliginin' bar ekenligin ayqın ko'rindi.

Ernst Max da'slep matematika, keyin eksperimentallıq fizika, al en' aqırında filosofiya professorı boldı. Nekrologta Eynshteyn Maxtın' ko'p tarawlardag'ı xızmetlerin atap ko'rsetiw menen onın' mexanikanı tariyxıy ha'm sın ko'z benen tallawın joqarı bahaladı. Maxtın' bul jumısı¹³⁷ Eynshteynge studentlik da'wirlerde u'lken ta'sirin tiygizgen edi. Eynshteyn bul kitaptı Bern qalasında «Olimpiya Akademiyası» boyınsha ja'ne de u'yrendi. 1909-jılı ol Maxqa xat arqalı onın' miynetlerinin' ishinde «Die Mechanik in Ihrer Entwicklung. Historisch-Kritisch Dargestellt» miynetinin' og'ada u'lken ta'sir etkenligin jazdı. Da'slepki waqıtları Max salıstırmalıq teoriyasına jaqsı niyet penen qatnas jasadı. Usıg'an baylanıslı 1909-jılı og'an ja'ne «Sizge salıstırmalıq teoriyasının' unag'anlıg'ına men ju'da' quwanışlıman» dep jazdı. O'z maqalasında Eynshteyn Maxtın' Niutonnnın' absoliut ken'isligi ha'm absoliut waqıt kontseptsiyasına bergen belgili bolg'an eskertiwlerinen tolıq u'zindiler keltirdi ha'm: «Keltirilgen qatarlar Maxtın' klassikalıq mexanikanın' a'zzi tamanların ayqın tu'rde tu'singenligin bildiredi ha'm ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasına keliwge alısta bolmadı. Bulardın' barlıg'ı da ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası do'retilmesten yarım a'sir burın boldı!». O'zinin' klassikalıq miynetinde Max Niutonnnın' absoliut ha'm salıstırmalıq aylanbalı qozg'alısın tu'sindiriwin a'shkaraladı. «Men bunday ko'z-qaras penen kelise almayman. Menin' pikirim boyınsha tek salıstırmalı qozg'alıs bar ha'm sonlıqtan men aylanbalı qozg'alıs penen ilgerilemeli qozg'alıs arasındag'ı hesh qanday ayırmanı ko'rmeymen», - dep jazdı Eynshteyn (joqarıda keltirilgen maqalanın' ekinshi bo'limin qaran'ız).

1910-jılı Max Lorentstin', Eynshteynnin' ha'm Minkovskiydin' miynetlerine unamlı baha berdi. 1913-jılı Eynshteyn Maxqa onın' jan'a teoriya bolg'an Eynshteyn-Grosman teoriyasına kızıg'ıwshılıq bildirgenin ju'da' jag'ımlı boldı dep jazdı. Bılaq keyinirek Max salıstırmalıq teoriyasın o'zinin' qatnasın o'zgeritti. 1913-jılı iiul ayında Max «Meni relyativizmnin' baslamashısı degen pikirdi biykarlayman ha'm ha'zirgi waqıtta tarqalıp atırg'an atomistlik isenimdi maqullamayman» ha'm onın' pikiri boyınsha salıstırmalıq teoriyası waqıttın' o'tiwi menen «... ko'birek dogmalıq bolıp baratır» dep jazdı. Bul frazalar onın' 1921-jılı shıqqan kitabında orın alg'an. Bıraq usı jag'daylarg'a qaramastan Eynshteyn Maxtı joqarı bahalawdı dawam etti. «Maxtın' usınday reaksiyasının' onın' jasının' u'lkenliginde ekenliginde hesh qanday gu'man joq, - dep jazdı Eynshteyn 1930-jılı, - «bunday jaslarda onın' qabıl etiwshiligi to'menleydi, al Maxtın' bul teoriyasın tallawının' barısınan biz onı ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' baslamashısı dep esaplawg'a bizin' huqıqımız bar». Qaytı bolmastan eki ha'pte burın bergen interviuinde Eynshteyn o'zinin' Max penen ushırasıwın u'lken qanaatlanıw menen eske tu'sirgen ha'm barlıq waqıtta da maqtanış etip kelgen to'rt ilimpaz Niutondı, Lorentsti, Plankti ha'm Maxtı atap ko'rsetken. Tek sol to'rtewin ha'm Maksveldi (basqalardı emes) Eynshteyn o'zinin' haqıyqıy baslamashıları dep esapladı.

Maxtın' Eynshteynge ta'siri neden ibarat ekenligine toqtap o'temiz.

Birinshiden Max qa'legen qozg'alıstın' salıstırmalıg'ına ayırıqsha dıqqat awdardı. Bul Eynshteynde u'lken qızıg'ıwshılıq payda etti.

¹³⁷ E/Mach. Die Mechanik in Ihrer Entwicklung. Historisch-Kritisch Dargestellt. – Leipzig: Brokheus, 1883.

Ekinshiden Maxtin' filosofiyasın, anıg'ırag'ı onın' ilimiy metodologiyasın atap o'temiz. Maxtin' filosofiyalıq kontseptsiyası haqqında «Max XIX a'sirdegi fizikadag'ı dogmatizmge qarsı gu'resi ha'm onı jen'di», dep jazdı Eynshteyn. 1922-jılı filosofiyalıq konferentsiyada Eynshteyn: «Maxtin' sisteması eksperimentallıq mag'lıwmalar arasındag'ı o'z-ara baylanıstı u'yreniw; Max boyınsha ilim usı o'z-ara baylanıslardıń jıynag'ınan turadı. Bul jaramaytug'ın ko'z-qaras; hakiyatında Max usıng'an na'rse sistema emes, al katalog. Max mexanikada qanday da'rejede jaqsı qa'nige bolsa, tap sonday da'rejede jaman filosof edi. İlimge bolg'an usınday jaqınnan ko'rgishlikten ol atomlardın' bar ekenligin biykarladı. Eger Max usı ku'nlerge shekem tiri bolg'anda, onda ol pu'tkilley basqa pikirde bolg'an bolar edi». Eynshteynnin' Maxtin' filosofiyasına bolg'an kerı qatnası da ha'm Maxtin' mexanikasına tan' qalaw menen qarawı da jıllardıń o'tiwi menen hesh o'zgermedi.

U'shinshiden Maxtin' inertsıyanın' dinamikalıq payda bolıw gipotezası Eynshteyndi kosmologiya boyınsha jumısın jazıwg'a alıp keldi. 1917-jılı jariq ko'rgen bul jumıs qaraqalpaq tiline awdarıldı ha'm ol usı maqalanın' aqırında tolıg'ı menen beriledi.

Eynshteyn ha'm Max printsipi. Maxtin' mexanikasındag'ı tiykarg'ı jan'alıq inertsıya nızamın keltirip shıg'arıwda absoliut ken'islik tu'siniginen bas tartıw bolıp tabıladı. Bun nızamdı bilayınsha jazamız: hesh bir ku'sh ta'sir etpeytug'ın sistema X qa salıstırg'anda tınıshlıqta yamasa ten' o'lsheqli tuwrı sızıqlı qozg'alis halında turadı. Onda

Niuton boyınsha: $X = \text{absoliut ken'islik}^{138}$.

Max boyınsha: $X = \text{qozg'almaytug'ın juldızlardan turatug'ın qattı (deformatsiyalanbaytug'ın) ideallastırılğan sistema.}$

Basqa so'z benen aytqanda Niuton boyınsha hesh bir ku'sh ta'sir etpeytug'ın sistema absoliut ken'islikke salıstırg'anda tınıshlıqta yamasa ten' o'lsheqli tuwrı sızıqlı qozg'alis halında turadı, al Maxta bolsa hesh bir ku'sh ta'sir etpeytug'ın sistema qozg'almaytug'ın juldızlardan turatug'ın qattı (deformatsiyalanbaytug'ın) ideallastırılğan sistemag'a salıstırg'anda tınıshlıqta yamasa ten' o'lsheqli tuwrı sızıqlı qozg'alis halında turadı eken.

Max bilay dep jazdı: «Biz bazı bir dene qozg'alısının' barısında ken'islikte tezligin de, qozg'alis bag'ıtın da o'zgertpeydi dep aytatug'ın bolsaq, onda usı qısqasha tastıyıqlawdın' barlıq A'lem ushın tiyisli ekenligin tu'sinemiz». Bunnan keyin ol «pu'tkil A'lemge salıstırg'anda» dep aytıwdın' ornına u'lken qashıqlılardag'ı u'lken massalı deneler menen shekleniwge boladı dep tastıyıqladı. Bunday u'lken massalı deneler sol qozg'almaytug'ın juldızlardan turatug'ın qattı sistemanı payda etedi. Al jaqın denelerge salıstırg'andag'ı ornı almasırlar bir birin kompensatsıyalaydı.

Bunnan keyin Max jan'a problemanı aldığ'a qoyadı. Niutonnnın' inertsıya nızamı absoliut ken'islikke salıstırg'andag'ı ten' o'lsheqli qozg'alıslarg'a tiyisli; bul nızam kinematikanın' aksiometriyalıq printsipi bolıp tabıladı. Maxtin' pikiri boyınsha inertsıya nızamı qozg'almaytug'ın juldızlarga salıstırg'andag'ı qozg'alis nızamı bolıp tabıladı. Usıng'an baylanıslı (planetalardıń orbitalarının' dinamikalıq tu'sindiriliwi yamasa elektrodinamika tu'sindiretug'ın zaryadlang'an bo'lekshelerdin' salıstırmalı qozg'alısı sıyaqlı) usınday qozg'alıstın' dinamikalıq tu'sindiriliwi kelip shıqqay ma? Bul Maxtin' jumıslarına keltirilgen tsitata emes, al Max qoyg'an ma'selenin' ma'nisi bolıp tabıladı: «Eger aspan tutası menen qozg'ala baslasa, juldızlar bolsa ta'rtipsiz ha'reketke kirise inertsıya

¹³⁸ «X degenimiz absoliut ken'islik» dep okıymız.

nızamı qanday bolg'an bolar edi? Bunday jag'dayda inertsiya nızamın qalay paydalanamız? Bul nızam qanday tu'rge iye boladı?... Eger A'lem ha'r qanday bo'leklerge bo'linse, onda barlıq denelerdin' inertsiya nızamının' orınlanıwı ushın a'hmiyetli ekenligin biz tu'sinemiz». Maxtın' kitabında ha'r bir denenin' u'lesin a'melde qalay esapqa alıwdın' mu'mkin ekenligin ayılmag'an; inertsiya nızamın jan'asha talqılıwdın' dinamikalıq sxeması usınılmag'an. Ol Maxtın' inertsiya nızamın ashtı, biraq Max printsipi ashqan joq. Maxtın' kitabın oqıp otırıp ka'ramatlı kitaptı (diniy kitaptı) oqıg'anday ta'sir alıw mu'mkin. Tekst jetkilikli da'rejede tu'sinikli, so'zler jasırın ha'm teren' ma'niske iye sıyaqlı bolıp ko'rinedi. Bunday ta'sirdin' o'zi qa'te bolıwı mu'mkin. Sonlıqtan Maxtın' bul so'zlerin Eynshteynnin' qalay tu'singenligin ko'rip o'temiz.

Eynshteyn Praga qalasına ko'ship kelgennen kop waqıt o'tpesten keyin tartılıs problemi menen shug'ıllana baslaydı ha'm «Elektromagnit induksiya sıyaqlı gravitatsiyalıq ta'sirlesiw bar ma?» dep atalatug'ın maqalasın jazdı. Bul jumısında Eynshteyn eger ishi qıwıs u'lken massag'a iye sfera onın' orayı arqalı o'tiwshi ko'sher bag'ıtında tezlenetug'ın bolsa, onda sferanın' orayında jaylasqan noqattın' inert massası u'lkeyedi.

Bul jerde saxnag'a Max shıg'adı.

O'zinin' kishkene maqalasında Eynshteyn: «Bul materiallıq noqattın' inertsiyasının' basqa barlıq massalardın' qanday da bir ta'sirlesiwidin' saldarınan payda etiletug'ınlıg'ı haqqındag'ı oyg'a alıp keledi... Bul Maxtın' usı ma'sele boyınsha o'tkeren ziyreklik penen izertlewlerindegi ko'z-qarasqa tolıq sa'ykes keledi» dep jazdı. Usı momentten baslap Max haqqındag'ı usınday pikir aytıw bir neshe ret qaytalanadı. Eynshteyn menen Grossmannın' maqalasında mınalardı oqıymız: «[bizin' teoriyamız] inertsiyanın' sebebi qarap atırılğ'an noqattın' qalg'an barlıq massalar menen ta'sirlesiwı degen Maxtın' batıl pikirı menen sa'ykes keledi. 1913-jılı iiun ayında Eynshteyn Maxqa induksiya effekti ha'm jaqtılıq nurlarının' bag'ıtın o'zgeritiwi haqqında jazıp, eger bul effektlar eksperimentte tabıla qoyg'an jag'dayda, onda olar «mexikanın' tiykarların Sizin' ustalıq penen o'tkeren tallawınızdın' a'jayıp tastiıyqlanıwı bolıp xızmet etedi» dep atap o'tti. 1913-jılı Vena qalasındag'a oqıg'an lektsiyasında Eynshteyn Maxtın' inertsiyanı qalay tu'sindirgenligin ayta kelip ol onı (inertsiyanın' salıstırmalıg'ı gipotezası» dep atadı. Bunnan keyin bul gipoteza da, inertsiya problemi da Eynshteynnin' jumıslarında 1917-jıldın' fevralına shekem eske alınbadı. Al 1917-jılı fevral ayında Eynshteyn fizikadag'ı izertlewlerdin' jan'a oblastı bolg'an relyativistlik kosmologiyanı ashqan maqalasın jazıp pitkerdi.

Bul maqalanı Prussiya İlimler Akademiyasına usınbastan bir neshe ku'n burın Eynshteyn Erenfestke jazg'an xatında mınalardı bildirdi: «Men ... tartılıs teoriyasında sonday bir na'rsege duwshakerlestim, usının' saldarınan meni jillixanag'a jatqarıwg'a boladı». Maqalanın' o'zinde Eynshteyn «Bunnan bilay oqıwshıg'a men tegis emes ha'm iyrek-iyrek jol menen ju'riwdi usınaman» dep eskertti. Jan'a da'wirdin' kosmologiyalıq modeli bolg'an izotrop, bir tekli, sheksiz, biraq ken'islikte tuyıq bolg'an kosmologiyalıq modelge jetemen degenshe Eynshteynge «tegis emes ha'm iyrek-iyrek jol menen ju'riwge» tuwrı keldi. Bul teoriyanı do'retiw ushın Eynshteyn a'dewir ko'p waqtın sarplag'an bolsa kerek. Sebebi 1916-jılı sentyabr ayının' o'zinde de Sitter Eynshteyn menen an'gimesinde u «inertsiyanın' tolıg'ı menen materiallıq kelip shıg'ıwı», bul ideyanı a'melde du'nyanın' «za'ru'rlik boyınsha tuyıq bolatug'ınlıg'ı» haqqında ga'p etkenligin aytıp o'tken.

Eynshteynnin' bul maqalanı jazıwg'a Maxtın' ideyalarınin' ruwxlandırğ'anlıg'ına gu'man joq. Biraq maqala baska ma'seleni – Niuton boyınsha statsionar A'lemdi qarap

shıg'ıwda payda bolatug'ın qıyınshılıqlardı tallawdan baslanadı. Maqalanın' basında Eynshteyn

$$\Delta\varphi = 4\pi G\rho \quad K1$$

Niuton-Puasson ten'lemesine sa'ykes ortasha tıg'ızlıq ρ nın' $r \rightarrow \infty$ sheginde $1/r^2$ qa salıstırg'anda tezirek kemeyiwiniñ kerek ekenligin atap o'tedi. Bunday bolmag'anda gravitatsiyalıq potentsialdın' shamasının' sheksiz u'lken, al bo'lekshege A'lemnin' barlıq massaları ta'repinen ta'sir etetug'ın ku'shtin' shaması anıq emes bolıp shıg'adı (biraq keyinirek bunday juwmaq durıs emes degen pikirge keldi). Biraq Eynshteyn u'lken r lerde φ din' ma'nisi shekli bolıp qalsa da qıyınshılıqlardıñ payda bolatug'ınlıg'ın ko'rsetti. Onın' atap o'tiwinshе A'lemnin' bar bolıwınan beri o'tken sheksiz u'lken waqıttın' ishinde juldızdı sheksizlikke shekem ko'shiriw ushın (usınday ko'shiriwdin' barısında bul juldız ko'plegen juldızlar menen soqlıg'ısadı) za'ru'rli bolg'an energiyadan olardıñ tolıq energiyası u'lken bolsa, onda ten' salmaqlıq Boltsman tarqalıwın paydalanıwg'a bolmaydı. Usının' menen bir qatar

$$\Delta\varphi - \lambda\varphi = 4\pi G\rho \quad K2$$

Ten'lemesin jazatug'ın bolsaq, onda (bul formulada ρ arqaliten' o'lsheuli tarqalg'an tıg'ızlıq belgilengen)

$$\varphi = -(4\pi G/\lambda)\rho \quad K3$$

sheshimin dinamikalıq jaqtan qollanıwg'a bolatug'ınlıg'ı kelip shıg'adı.

Biraq bul sheshimdi fizikalıq jaqtan qollanıwg'a bola ma? Tıg'ızlıq ρ nın' turaqlıg'ı izotrop ha'm bir tekli A'lemge sa'ykes keledi. 1917-jılı ilimpazlar A'lemdi tek bizin' galaktikamızdan ha'm onın' a'tırıpındag'ı boslıqtan turadı dep boljadı. Sol waqıtları Andromeda dumınlıg'ının' Qus jolınan sırtta jaylasqanlıg'ı belgili emes edi¹³⁹. A'lemnin' izotropılg'ı menen bir tekligi haqqındag'ı boljaw kirgizgende Eynshteyn fizikalıq faktlerge su'yenbedi, al onın' pikiri boyınsha ol usıng'an modelde inertiyanın' salıstırmalıq printsipin birinshi ret realizatsiyalawg'a mu'mkinshilik berdi. Modeldin' statikalıg'ı sol da'wir ushın ta'biyiy edi. Sebebi sol waqıtları (1917-jılları) galaktikalardıñ u'lken masshtablardag'ı orın almastırıwları haqqında hesh na'rse de belgili emes edi.

Biz ha'zir (K1) ten'lemesinen (K2) ten'lemesine o'tiwge qayıp kelemiz. Eynshteynnin' jumısında u'sh tiykarg'ı momentti ayırıp ko'rsetiwimiz kerek. Birinshiden ol UST da tap sonday o'tiwdi a'melge asıradı ha'm

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = -\kappa T_{\mu\nu} \quad K4$$

ten'lemesinin' ornına

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R - \lambda g_{\mu\nu} = -\kappa T_{\mu\nu} \quad K5$$

ten'lemesin jazadı.

¹³⁹ Bizin' galaktikamızdı «Qus jolı» dep ataytug'ınlıg'ın umıtpaymız.

Ekinshiden ol (K5)-ten'lemenin' Niuton sheksizligin sheshetug'ın sheshimin beredi. U'shinshiden Eynshteyn inertsianın' salıstırmalıg'ı printsipin' dinamikalıq realizatsiyasın beredi. Onın' sheshimin bizler ha'zirgi waqıtları Eynshteyn A'lemi dep ataymız. Bir neshe jıl o'tkennen keyin bul sheshimnen bas tartıwg'a tuwrı keldi. Biraq usı jag'dayg'a qaramastan bul jumıs du'nyanın' tutası menen alg'andag'ı jan'a topologiyası jo'indegi birinshi boljaw bolıp tabıladı. Sonlıqtan Eynshteynnin' 1917-jılǵ'ı jumısı relyativistlik kosmologiyag'a baylanıslı u'lken a'hmiyetke iye. Usı sheshimge Eynshteynnin' qalay kelgenligin ko'remiz.

Eynshteyn u'lken qashıqlıqlarda ken'isliktin' metrikasın tegis dep esaplap (K4) ten'lemesin planetalardıń qozg'alısına qollandı. Bul shegaralıq sha'rtti pu'tkil A'lem ushın qollanıwg'a bolmaytug'ınlıg'ının' eki sebebin usındı. Birinshiden eski Niuton sheksizligi problemi sheshilmey qaladı, ekinshiden (bul jerde ja'ne Max aldıg'a shıg'adı) ken'isliktin' mayıspag'anlıg'ı (qıysıq emesligi) predpolagaet, shto «...shekli qashıqlıqlarda turg'an materiya [denenin'] inertsiasına ta'sirin tiygizse de bul inertsianı payda etpeydi. Eger tek bir materiallıq bo'lekshe bar bolatug'ın bolsa «ol inertsiyag'a iye bolg'an bolar edi ... biraq salıstırmalıq teoriyasında inertsianı «ken'islikke» qatnası boyınsha anıqlawg'a bolmaydı, biraq massalardıń inertsiasın bir birine qatnası boyınsha anıqlawg'a boladı»». Usılay etip Eynshteyn Max ideyalarına ayqın forma bere basladı: $g_{\mu\nu}$ shamaları inertsianın' ta'sirin sa'wlelendiretug'ın bolg'anlıqtan olardıń o'zleri ($g_{\mu\nu}$ shamaları) A'lemdegi massalardıń tarqalıwı boyınsha anıqlanıwı kerek. Eynshteyn (K4)-ten'lemenı qalay qollanıwdı ha'm usının' menen birge aldıg'a qoyg'an maqsetke qalay jetiwdi bilmedi. Al (K5) ten'lemesi bolsa

$$\lambda = \frac{1}{r^2} = \frac{1}{2} \kappa \rho c^2 = 4\pi G \rho / c^2 \quad K6$$

ten'legi orınlanatug'ın bolg'anda

$$g_{ik} = \delta_{ik} + x_i x_k \left(r^2 - \sum_i x_i^2 \right), \quad g_{i4} = 0, \quad g_{44} = -1 \quad K7$$

($i, k = 1, 2, 3$) sheshiminin' aldıg'a qoyg'an maqsetke jetkeretug'ınday bolıp ko'rindi. Bul an'latpada ρ arqalı turaqlı tıg'ızlıq belgilengen.

Eynshteyn a'leminde Niuton sheksizligi mashqala payda etpeydi. Sebebi bunday sheksizlik joq – u'sh o'lsheмли ken'islik sferalıq tuyıq ha'm onın' radiusı waqıttan g'a'rezli emes (radiusı turaqlı shama). Usının' menen qatar materiya bolmasa inertsia da joq, yag'nıy eger $\rho = 0$ bolsa nolge ten' bolmag'an λ ushın (K5)-ten'leme orınlanbaydı. A'llette bunday sheshim inertsianı uzıqtıg'ı juldızlar menen baylanıstırmaydı. Jumıslardıń bunday bolıp baslanıwı Eynshteynge unadı.

Sol waqıtları Eynshteyn inertsianın' salıstırmalıq printsipine sonday isendi, sonın' na'tijesinde 1918-jılı qanaatlandırılıqtay tartılıs teoriyasının' do'retiliwi ushın to'mendegidey birdey a'hmiyetke iye u'sh printsipti ja'riyaladı:

- 1) ulıwmkalıq kovariantlıqqa kirgizilgen salıstırmalıq printsipi;
- 2) ekvivalentlik printsipi;

3) Max printsipti: «G-maydan¹⁴⁰ denelerdin' massası boyınsha tolıq anıqlanadı», yag'nıy g_{ik} shamalaridenelerdin' massaları, ulıwma jag'dayda $T_{\mu\nu}$ tenzori menen tolıq anıqlanadı. 1922-jılı Eynshteyn basqa ilimpazlardın' bul kriteriydi paydalanbay-aq alg'a qaray jıljıwg'a tayar ekenligin an'g'ardı ha'm «aldımızdag'ı a'wladlarg'a bunday talap etpewshilik tu'siniksiz boladı» dep jazdı.

Keyinirek Eynshteyn Max printsiptine dıqqat awdarıwdı kemeytti ha'm aqır-ayag'ında onnan pu'tkilley bes tarttı.

Endi biz Eynshteynnin' kosmologiya boyınsha islegen jumıslarınin' xronologiyasın keltiremiz.

1917-jılı Eynshteyn durıs ten'lemeler materiya bolmag'na jag'daydarda sheshimlerge iye bolmaydı dep boljadı (bul haqqında ol ayqın tu'rde jazıp qaldarg'an joq, al onın' jumıslarınan onın' usınday pikirde bolg'anlıg'ın seziwge boladı). Biraq Eynshteynnin' maqalası jarıq ko'rgennen keyin de Sitter $p = 0$ bolg'an (p arqalı besim belgilengen) jag'day ushın (K5) tin' sheshimge iye bolatug'ınlıg'ın taptı. Solay etip kosmologiyalıq ag'zanın' «ken'islikke salıstırg'andag'ı inertsiyanı» biykarlanbaytug'ınlıg'ı tabıldı. A'llette bunday sheshim Eynshteyndi qapa qıldı ha'm sonlıqtan ol bul sheshimdi biykarlamaqshı boldı. Biraq ko'p uzamay de Sitterdin' sheshiminin' durıs ekenligine Eynshteynnin' ko'zi jetti.

1919-jılı Eynshteyn elektr zaryadları menen zaryadlang'an bo'lekshelerdin' bir biri menen tartılıs ku'shlerinin' ta'sirinde baylanısıp turadı dep boljadı. Ol (K5) ten'lemesinen basladı ha'm $T_{\mu\nu}$ tenzori tek elektromagnetizm menen baylanıslı dep boljadı. Sonlıqtan $T_{\mu}^{\mu} = 0$ ha'm bunnan iz (sled) ushın $\lambda = \frac{R}{4}$ sha'rtinin' kelip shıg'atug'ınlıg'ın ko'rsetti. Bul jumıstı Eynshteynnin' birden bir maydan teoriyasın do'retiw bag'dardag'ı birinshi qa'demi dep esaplaw kerek. 1927-jılı ol bul modeldin' matematikalıq qa'siyetleri haqqındag'ı kishi maqalasın jazdı ha'm usının' menen bul bag'dardag'ı onın' ha'reketleri toqtadı. Bunday jag'day Eynshteyn ushın a'dettegidey jag'day edi: onın' basına qanday da bir oy kelse da'rha'l sa'ykes meqala baspadan shıg'adı ha'm bunnan keyin ideya izsiz jog'aladı.

1922-jılı A.A.Fridman (K4)-ten'lemenin' izotrop ha'm bir tekli A'lem ushın statsionar emes sheshimge iye ekenligin, bul sheshimnin' ken'eyiwshi A'lemge sa'ykes keletug'ınlıg'ın ko'rsetti. Eynshteyn A.A.Fridmannın' jumısın da'slep durıs emes dep esapladı, al keyin o'zinin' qarsılıq bildiriwlerinde qa'teliktin' bar ekenligin taptı.

1922-jılı Veyl ha'm Eddingtonlar de Sitter du'nyasına ornalastırılğ'an sinap ko'riliwshi bo'lekshelerdin' bir birinen qashatug'ınlıg'ın taptı. Usının' na'tiyjesinde Eynshteyn Veylge «eger kvazistatikalıq du'nya bolmasa, onda kosmologiyalıq ag'za joq bolsın» dep jazdı.

1931-jılı Fridmannın' «baqlanıp atırg'an faktlerden g'a'rezsiz alıng'an» teoriyalıq na'tiyjelerin ha'm Xabblın' eksperimentte ashqan jan'alıg'ın eske alıp Eynshteyn sol na'tiyjeler menen «ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası (yag'nıy λ ag'zasız) sa'ykes keledi» dep jazdı. 1932-jılı Eynshteyn ha'm de Sitter usınday juwmaqqa keldi. Bunnan keyin Eynshteyn hesh waqıtta da λ ag'zanı paydalanbadı.

1954-jılı Eynshteyn o'zinin' ka'sipleslerinin' birine «... Max printsipti haqqında endi aytıwdın' keregi joq» dep jazdı.

¹⁴⁰ YAg'nıy gravitatsiya maydanı.

Endi A.Eynshteynnin' 1917-jılı jarıq ko'rgen ha'm relyativistlik kosmologiyag'a jol ashqan «Kosmologiya ma'seleleri ha'm ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası» maqalasın tolıg'ı menen beremiz.

A.Eynshteyn

KOSMOLOGIYA MA'SELELERİ HA'M ULIWMALIQ SALISTIRMALIQ TEORIYASI¹⁴¹

Puassonnın'

$$\Delta\varphi = 4\pi K\rho \quad (1)$$

differentzial ten'lemesinin' materiallıq noqattın' qozg'alis ten'lemesi menen birlikte Niutonnnın' uzaqtan ta'sirlesiw teoriyasın almasıra almaytug'ınlıg'ı belgili. Ken'isliktegi sheksizlikte potentsial φ belgili bir shekke umtıladı degen sha'rtti qosıw kerek boladı. Salıstırmalıqtın' ulıwmalıq printsipinen kelip shıg'atug'ın tap usınday awhal tartılıs teoriyasında da orın alg'an. Bul jerde de eger biz du'nyanı ken'islikte sheksiz u'lken dep esaplaytug'ın bolsaq, onda sol ken'isliktegi sheksizlik ushın ten'lemelerge shegaralıq sha'rtlerdin' qoyılıwı kerek.

Planetalar sisteması menen baylanısqa ma'selelerdi qarag'anda biz ken'islik boyınsha sheksizlikte tartısıwdın' barlıq potentsialları $g_{\mu\nu}$ turaqlı ma'nislerge iye boladı dep esaplap usınday shegaralıq sha'rtlerdi saylap aldıq. Biraq ta'jiriybelerden g'a'rezsiz A'lemnin' u'lken oblastların qarag'anda usınday shegaralıq sha'rtlerdi paydalanıwdın' mu'mkinshiligi pu'tkilley ayqın emes. To'mende bul printsiapiallıq ma'sele boyınsha usı waqıtqa shekem qa'liplesken oy-pikirler bayanlanadı.

§ 1. Niuton teoriyası

Niutonnnın' ken'isliktegi sheksizlikte φ ushın turaqlı ma'niske iye shek bar degen formadag'ı shegaralıq sha'rttin' materiyanın' tıg'ızlıg'ının' sheksizlikte nolge aylanadı degen juwmaqqa alıp keletug'ınlıg'ı belgili. Haqıyqatında da A'lemde sonday orındı tabıw mu'mkin, usı orınnın' a'tırıpında materiyanın' gravitatsiyalıq maydanı tutası menen alg'anda sferalıq simmetriyag'a iye boladı (oray). Bunday jag'dayda Puasson ten'lemesinen ρ ortasha tıg'ızlıg'ı oraydan qashılıq r din' u'lkeyiwi menen φ din' sheksizlikte bazı bir shekke umtılwı ushın $1/r^2$ qa qarag'anda tezirek nolge umtılwı kerek¹⁴². Usınday ma'niste du'nya Niuton boyınsha sheksiz u'lken massag'a iye bola alatug'ın bolsa da ken'islikte shekli.

Bunnan en' da'slep aspan deneleri ta'repinen nurlandırılğ'an nurlardın' bir bo'leginin' Niuton du'nyasın oraydan baslanatug'ın radial bag'ıt boyınsha sheksizlikte jog'alatug'ın bolıp taslap ketetug'ınlıg'ı kelip shıg'adı. Usı na'rse pu'tin aspan denesi ushın orın ala ma? Bul faktti biykarlawdın' mu'mkinshiligi joq, sebebi φ ushın ken'isliktegi sheksizlikte belgili ma'niske iye bolğ'an shek bar degen boljawdan shekli kinetikalıq energiyag'a iye aspan denesi Niutonnnın' tartılıs ku'shin jen'ip ken'isliktegi sheksizlikke jetiwi mu'mkin. Statistikalıq mexanikag'a

¹⁴¹ *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. Sitzungsber: preuss. Akad. Wiss., 1917, 1, 142—152.

¹⁴² Bul jerde ρ arqalı ken'isliktin' bir birine qon'ısı bolğ'an qozg'almaytug'ın juldızlar arasındag'ı qashılıqtan u'lken, biraq barlıq juldızlar sistemasının' o'lshemlerinen kishi qashılıqqa iye oblastında anıqlang'an materiyanın' tıg'ızlıg'ı belgilengen.

sa'ykes bunday waqıyalar juldızlar sistemasının' ulıwmalıq energiyası jetkilikli da'rejede u'lken ha'm usı energiyanı bir aspan denesine alıp bergende bul aspan denesi sheksizlikke shekem sayaxat qılıp, sol jaqtan hesh qashan qaytıp kele almaytug'ın jag'day orın alg'ansha ju'z beredi.

Bul o'zine ta'n qıyınshılıqtan shıg'ıwǵa ko'rsetilgen shegaralıq potentsial sheksizlikte ju'da' u'lken ma'niske iye boladı dep tırısıwǵa boladı. Eger tartısıw potentsialı aspan denesinin' o'zi ta'repinen payda etilgen bolmasa bul boljawdı qollanıwǵa bolar edi. Haqıyqatında da biz gravitatsiyalıq maydannın' potentsialların' u'lken ayırmaların' bar ekenligi bar faktlerge qayshı keledi degen juwmaqqa kelemiz. Kerisinshe, potentsiallar ayırması sonshama kishi ta'rtipte bolıwı kerek, usı ayırmanın' saldarınan juldızlar alatug'ın tezlikler haqıyqatta baqlanıp ju'rgen ma'nislerinen u'lken bolmawı sha'rt.

Eger gaz molekulaların' tarqalıwının' Boltsman nızamın juldızlar sistemasın gaz sıpatında qarap statsionar jıllılıq qozǵalısqandag'ı juldızlar ushın qollansaq, onda Niuton A'leminin' ju'zege keliwinin' mu'mkin emes ekenligi alınadı. Sebebi oray menen sheksizlik arasındag'ı potentsialdın' shekli ayırması tıǵ'ızlıqlardıń shekli qatnasına sa'ykes keledi. Demek sheksizliktegi nollik tıǵ'ızlıq oraydag'ı nollik tıǵ'ızlıqqa alıp keledi.

Bul qıyınshılıqlardan Niuton teoriyası sheklerinde qutılıw, ko'rinip turg'anınday, mu'mkin emes. Biraq sol qıyınshılıqlardan Niuton teoriyasın modifikatsiyalaw ja'rdeminde shıg'ıw mu'mkin be? degen soraw tuwıladı. Bul sorawǵa juwap beriw ushın itibar beriwge onsha ılayıq emes, biraq bizin' keyingi tallawlarımızdı jaqsı tu'sindiriw ushın xızmet etetug'ın bir joldı ko'rsetemiz. Puasson ten'lemesinin' ornına jazamız

$$\Delta\varphi - \lambda\varphi = 4\pi K\rho. \quad (2)$$

Bul an'latpadag'ı λ bazı bir universallıq turaqlı shama.

Eger ρ_0 massanın' tarqalıwının' turaqlı tıǵ'ızlıǵı bolatug'ın bolsa, onda

$$\varphi = -\frac{4\pi K}{\lambda}\rho_0 \quad (3)$$

(2)-ten'lemenin' sheshimi bolıp tabıladı. Bul sheshim qozǵalmaytug'ın juldızlardın' ken'isliktegi ten' o'lshewli tarqalıwına, al ρ_0 bolsa materiyanın' du'nyalıq ken'isliktegi haqıyqıy ortasha tıǵ'ızlıǵına sa'ykes keledi. Bul sheshim materiya menen bir tekli toltırılǵ'an sheksiz u'lken ken'islik ushın durıs.

Eger endi materiyanın' tarqalıwında tarqalıwdın' ortasha ma'nisin o'zgeretpeytug'ın jergilikli ten' o'lshewli emes jag'daylar orın alsa, onda φ potentsialdın' (3) turaqlı ma'nisine qosımsha φ shamasın qosıwǵa tuwrı keledi. Bul qosımsha shama $4\pi K\rho$ g'a salıstırǵanda $\lambda\varphi$ shaması qanshama kishi bolsa tıǵ'ızıraq massag'a iye deneler qasında Niuton maydanına ko'birek usag'an boladı.

Bunday du'nya gravitatsiyalıq maydang'a qatnası boyınsha orayǵa iye bolmag'an ha'm tıǵ'ızlıq sheksizlikte kishireydi dep boljawdın' keregi bolmag'an, al ortasha potentsial ha'm ortasha tıǵ'ızlıq kerisinshe sheksizlikke jetkenshe turaqlı ma'niske iye bolar edi. Usınday jag'dayda Niuton teoriyası ha'm statsitikalıq mexanika arasındag'ı konflikt bolmaydı. Turaqlı (ju'da' az) tıǵ'ızlıqta materiya ten' salmaqlıqta turadı ha'm usı ten' salmaqlıqtı saqlap turıw ushın ishki ku'shlerdi (basımdı) talap etpeydi.

§ 2. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasında talap etiletug'ın shegaralıq sha'rtler

Bunnan bilay oqıwshıǵ'a men o'tken tegis emes ha'm iyrek-iyrek jol menen ju'riwdı usınaman. Sebebi usınday jag'dayda aqırǵ'ı na'tiyje qızıq boladı dep oylayman. Usı waqıtlarg'a shekem men qollap-quwatlap kelgen gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemelerin o'tken paragrafta Niuton teoriiyası ushın ko'rsetilgen printsipiallıq qıyınshılıqlardan qutılıw ushın bazı bir o'zgerislerge (modifikatsiyag'a) ushıratıw kerek degen isenimge keldim. Bul modifikatsiya (1)-Puasson ten'lemesinen (2)-ten'lemege o'tiwge tolıq sa'ykes keledi. Bunday jag'dayda ken'isliktegi sheksizliktegi shegaralıq sha'rtlerdin' pu'tkilley keregi bolmaydı. Sebebi du'nyalıq kontinuum o'zinin' qen'isliktegi o'lshemlerine qatnası boyınsha shekli (u'sh o'lsheimli) ken'isliklik ko'lemge iye tuyıq kontinuum sıpatında qaraladı.

Ken'isliktegi sheksizlikke shegaralıq sha'rtler haqqındag'ı menin' jaqın waqıtlardag'ı aytqanlarım to'mendigidey ko'z-qaraslarg'a tiykarlang'an. Salıstırmalıq teoriiyasında inertsiyanı «ken'islikke» salıstırıp anıqlawg'a bolmaydı, al massalardın' inertsiyasın bir birine salıstırıp anıqlaw mu'mkin. Sonlıqtan eger men qanday da bir massanı A'lemnin' basqa barlıq massalarınan jetkilikli da'rejedegi u'lken qashılıqlarg'a alıp ketsem, onda bul massanın' inertsiyasının' nolge umtılwı kerek boladı. Bul sha'rtti matematikalıq jollar menen du'ziwge tırısamız.

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyasına sa'ykes impuls (keri belgisi menen) $\sqrt{-g}$ g'a ko'beytilgen

$$m\sqrt{-g}g_{\mu\alpha}\frac{dx_{\alpha}}{ds} \quad (4)$$

kovariant tenzorının' birinshi u'sh qurawshısı, al energiya aqırǵ'ı qurawshısı menen anıqlanadı. Qala berse, barlıq waqıttag'ıday

$$ds^2 = g_{\mu\nu}dx_{\mu}dx_{\nu}. \quad (5)$$

Ayrıqsha ko'rgizbeli jag'day bolg'an gravitatsiyalıq maydandı ken'isliktin' ha'r bir noqatında izotrop bolatug'ınday koordinatalar sistemasın saylap alg'anda bul shama a'piwayıraq tu'rge iye boladı

$$ds^2 = -A(dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2) + Bdx_4^2.$$

Eger bir waqıtta

$$\sqrt{-g} = 1 = \sqrt{A^3B}$$

sha'rtleri orınlanatug'ın bolsa, onda kishi tezlikler jag'dayında birinshi jaqınlasıwda impulstın' qurawshıları ushın

$$m\frac{A}{\sqrt{B}}\frac{dx_1}{dx_4}, \quad m\frac{A}{\sqrt{B}}\frac{dx_2}{dx_4}, \quad m\frac{A}{\sqrt{B}}\frac{dx_3}{dx_4}.$$

shamalarına, al energiya ushın (tınıshlıq jag'dayında)

$$m\sqrt{B}$$

shamasına iye bolamız.

İmpuls ushın jazılǵ'an an'latpadan $m\frac{A}{\sqrt{B}}$ shamasının' inert massanın' ornın iyeleytug'ınlıǵ'ı kelip shıǵ'adı. m noqatlıq massa menen baylanıslı konstanta ha'm bul massanın' qay orında turg'anlıǵ'ınan g'a'rezsiz bolǵ'anlıqtan anıqlawshı ushın ornatılǵ'an sha'rttı saqlag'anda bul an'latpa ken'islik boyınsha sheksizlikte A nolge umtılǵ'anda, al B sheksizlikke umtılǵ'anda nolge aylanadı. Solay etip $g_{\mu\nu}$ koeffitsientlerinin' usınday qa'siyetleri qa'legen inertsianın' salıstırmalıǵ'ının' na'tiyjesi sıyaqlı bolıp ko'rinedi. Bunnan noqattın' potentsial energiyası $m\sqrt{B}$ nın' sheksizlikte sheksiz u'iken bolatug'ınlıǵ'ı kelip shıǵ'adı. Solay etip noqatlıq massa sistemanı hesh qashan taslap kete almaydı; tolıǵ'ıraq o'tkerilgen izertlewler usınday na'tiyjenin' jaqtılıq nurları ushın da orınlanatug'ınlıǵ'ın ko'rsetedi. Gravitatsiyalıq maydannın' potentsialının' sheksizliktegi usınday awhalı A lemnin' Niuton teoriyasın talqılag'anda ko'rsetilgen bos bolıw qa'wipinen qutqarg'an bolar edi.

Bul talqılawların' tiykarına jatqarılǵ'an gravitatsiyalıq potentsial haqqındag'ı a'piwayılastırılǵ'an jag'day tek u'iken ko'rgizbelilik ushın islengenligin an'g'aramız. Sheksizliktegi $g_{\mu\nu}$ shamasının' qa'siyetlerin ta'riplew ushın qanday da bir sheklewshi jag'daylardı qabıl etpey-aq ma'selenin' ma'nisin an'latatug'ın ulıwmalıq formulirovkanı tabıw mu'mkin.

Matematik Grommerdin' doslıq ja'rdemin paydalanıp men orayg'a qarata simmetriyalı statikalıq gravitatsiyalıq maydandı izertledim. Bul maydan sheksizlikte joqarıda ko'rsetilgendey qa'siyetlerge iye. Gravitatsiyalıq maydan $g_{\mu\nu}$ nın' berilgen potentsialınan gravitatsiyalıq maydan ten'lemeleri tiykarında materiya energiyası $T_{\mu\nu}$ tenzori esaplandı. Biraq usının' na'tiyjesinde usınday a'wlad juldızlar sisteması ushın shegaralıq sha'rtlerdin' qabıl etiliwi mu'mkin emes bolıp shıqtı. Bul jag'day jaqında astronom de Sitter ta'ripinen de a'dil tu'rde atap o'tildi.

Haqıyqatında salmag'ı bar materiya energiyasının' kontravariant tenzori $T^{\mu\nu}$ mına tu'rge iye

$$T^{\mu\nu} = \rho \frac{dx_\mu}{ds} \frac{dx_\nu}{ds}.$$

Bul an'latpada ρ arqalı materiyanın' o'lshegen tıǵ'ızlıǵ'ı berilgen.

Koordinatalar sistemasın tiyisli tu'rde saylap alg'an jag'dayda juldızlardın' tezligi jaqtılıqtın' tezligine salıstırǵ'anda ju'da' kishi boladı. Sonlıqtan ds shamasın $\sqrt{g_{44}}dx_4$ shaması menen almasırw mu'mkin. Bunnan $T^{\mu\nu}$ tenzorının' barlıq qurawshılarının' onın' en' aqırǵ'ı qurawshısı T^{44} ten ju'da' kishi ekenligi ko'rinedi. Biraq bul sha'rttı saylap alıǵ'an shegaralıq sha'rtler menen sa'ykeslendiriw mu'mkin emes. Joqarıda bayang'anlardan keyin bul na'tiyje tan'lanıw payda etpeydi. Juldızlardın' tezliginin' u'iken emes ekenligi faktı mınaday juwmaq shıǵ'arıwǵ'a mu'mkinshilik beredi: qozg'almaytug'ın juldızlar turg'an barlıq orınlarda gravitatsiyalıq maydannın' potentsialı (bizin' jag'dayımızda \sqrt{B}) bizdegige qarag'anda aytarlıqtay u'iken bolmaydı. Bul Niuton teoriyasındag'ıday statistikalıq an'lawlardan kelip shıǵ'adı. Qanday bolmag'anda da bizin' esaplawlarımız meni ken'isliklik sheksizlik ushın $g_{\mu\nu}$ ushın tap sonday virojdienie sha'rtinin' postulat tu'rinde qabıl etiliwi mu'mkin emes degen isenimge alıp keldi.

Bul tırıslıwların' sa'tsiz bolıwınan keyin en' da'slep eki mu'mkinshilik payda boladı: a) planeta problemi jag'dayındag'ıday ken'islik boyınsha sheksizlikte koordinatalar sistemasın tiyisli tu'rde saylap alg'anda $g_{\mu\nu}$ din'

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ma'nisine umtılıwın talap etiw yamasa b) ken'islik boyınsha sheksizlik ushın hesh qanday a'dil shegaralıq sha'rtler ornatpaw; ha'r bir ayırım jag'dayda qarap atırg'an oblasttın' ken'isliklik shegarasında $g_{\mu\nu}$ dı ayırıqsha tu'rde beriw (bizler usı waqıtlarg'a shekem baslang'ish sha'rtlerdi berip usınday na'rselerdi islewge u'yrengebiz).

«b» nın' mu'mkinshiligi problemanın' qanday da bir sheshimine sa'ykes kelmeydi ha'm onın' sheshiminen bas tartıwdı bildiredi. Bul ko'z-qarastın' durıslıg'ın biykarlawg'a bolmaydı; ha'zirgi waqıtları usınday ko'z-qarastı de Sitter qollap-quwatlaydı¹⁴³. Biraq men moyınlawım kerek, bul printsiptalıq ma'selede sonday u'lken kelisiwge bariwım men ushın qıyın boldı. Usıg'an men tek qanaatlandırarlıq shegaralıq sha'rtler tabılg'an jag'daylardı tabıwg'a bag'darlang'an barlıq tırısıwlar na'tiyjesiz bolıp shıqqan jag'dayda g'ana kelisim beremen.

«a» mu'mkinshiligi ko'p ta'repten qanaatlandırarlıq emes. Birinshiden bunday shegaralıq sha'rtler esaplaw sistemasın belgili bir saylap alıwdı bassılıqqa aladı. Al bul salıstırmalıq printsiptıne qayshı keledi. Ekinshiden ma'seleni usınday etip qarag'anda inertsiyanın' salıstırmalıqlıg'ınan bas tartıwg'a tuwrı keledi. Haqıyqatında ta'biyiy o'lshegen massası m bolg'an materiallıq noqattın' inertsiyası $g_{\mu\nu}$ den g'a'rezli. Biraq bul keyingi shama ken'islik boyınsha sheksizliktegi postulat tu'rinde qabıl etilgen ma'nisinen ju'da' az shamag'a ayrıladı. Usın' saldarınan shekli qashıqlıqta jaylasqan materiya inertsiyag'a ta'sir etse de, inertsiyanın' o'zinin' *payda bolıwına alıp kelmeydi*. Eger tek bir materiallıq noqat g'ana bar bolg'anda usı ko'z-qaraslardan ol bizin' real du'nyamızdag'ıday basqa massalar menen qorshalıp turg'an jag'daydag'ı derlik tap sonday inertsiyag'a iye bolg'an bolar edi. En' aqırında bul ko'z-qarasqa qarsı Niuton teoriyası ushın joqarıda ko'rsetilgen statistikalıq jaqtan qollap-qollamawshılıqtı da keltiriwge boladı.

Joqarıda ayılğ'anlardın' aqıbetinen mag'an usı waqıtqa shekem ken'isliklik sheksizlik ushın shegaralıq sha'rtlerdi tabıwdın' sa'ti tu'spedi. Biraq usıg'an qaramastan «b» de esletilip o'tilgen jag'daylardan bas tartpay o'tiwdin' ja'ne bir mu'mkinshiligi bar. Atap aytqanda eger du'nyanı ken'isligi boyınsha tuyıq kontinuum dep qaraytug'ın bolsaq, onda usınday shegaralıq sha'rtlerdin' za'ru'rılgı jog'alg'an bolar edi. Bunnan keyingi bayanlawlardan salıstırmalıq printsiptın' talabı da, juldızlardın' tezliklerinin' u'lken emes ekenliginin' de A'lemnin' ken'islik boyınsha tuyıqlıg'ı gipotezası menen sa'ykes keletug'ınlıg'ı ko'rinedi. Biraq buni a'melge asırıw ushın gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemelerin bazı bir ulıwmalastırıw za'ru'r boladı.

§ 3. Ten' o'lsheqli tarqalg'an materiya'g'a iye ken'islik boyınsha tuyıq du'nya

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası boyınsha to'rt o'lsheqli ken'islik-waqıtlıq kontinuumnın' metrlik xarakteri (iymekligi) ha'r bir noqatta usı noqatta jaylasqan materiya ha'm onın' halı menen anıqlanadı. Sonlıqtan materiya ten' o'lsheqli emes tarqalg'an bolsa bul kontinuumnın' metrlik qurılısı quramalı bolıwı kerek. Biraq ken'isliktin' tutası menen alg'andag'ı qurılısı haqqında ga'p etetug'ın bolsaq, onda materiyanı ken'isliktin' og'ada u'lken oblastında ten' o'lsheqli tarqalg'an, al onın' tıg'ızlıg'ı og'ada a'stelik penen o'zgeretug'ın funktsiya boladı dep esaplaw mu'mkin. Usı jag'dayda biz geodezistlerdey bolıp ha'reket etemiz. Olar detalları boyınsha og'ada quramalı bolg'an Jerdin' betin juwıq ellipsoid penen almastradı.

Materiyanın' tarqalıwı boyınsha bizge belgili bolg'an faktlerdin' en' a'hmiyetlisi juldızlardın' tezliginin' jaqtılıqtın' tezligine salıstırg'anda og'ada kishi ekenliginde. Sonlıqtan men da'slep bizin' talqılawlarımızdın' tiykarına to'mendegidey juwıq tu'rdegi jol qoyıwdı durıs dep esaplayman: koordinatalar sisteması bar bolıp, usı sistemag'a salıstırg'anda materiya uzaq waqıtlar dawamında tınıshlıqta turadı. Usı koordinata sistemasına qatnası boyınsha materiyanın' kontravariant tenzori $T^{\mu\nu}$ (5) ke baylanışlı mınaday a'piwayı tu'rge iye boladı:

¹⁴³ D. Sitter. Akad. van Welensch te Amsterdam, 1916-jul, 8-noyabr.

$$\begin{array}{cccc}
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & \rho
 \end{array} \quad (6)$$

Tarqalıwdın' (ortasha) tıǵ'ızlıǵ'ının' skalyarı ρ ken'isliklik koordinatalardıń funktsiyası bola aladı. Biraq du'nyanı ken'islik boyınsha tuyıq dep esaplasaq, onda ρ orınnan g'a'rezsiz dep juwmaq shıǵ'arıw ta'biyyı. Bul gipotezanı bizin' bunnan bılayǵ'ı talqılawlarımızdın' tiykarına salamız.

Gravitatsiya maydanına keletug'ın bolsaq, onda

$$\frac{d^2 x_v}{ds^2} + \left\{ \begin{array}{c} \alpha\beta \\ v \end{array} \right\} \frac{dx_\alpha}{ds} \frac{dx_\beta}{ds} = 0$$

materiallıq noqattın' qozǵ'alıs ten'lemesinen statikalıq gravitatsiyalıq maydanda tek g_{44} orınnan g'a'rezsiz bolg'anda g'ana materiallıq noqattın' tınıshlıqta turatug'ınılıǵ'ı kelip shıǵ'adı. Bunnan basqa biz barlıq shamalar ushın waqıt koordinatası x_4 ten g'a'rezsizlik orın aladı dep boljaytug'ın bolg'anlıqtan biz izlep atrıǵ'an sheshimler ushın barlıq x_v ler ushın

$$g_{44} = 0 \quad (7)$$

sha'rtinin' orınlanıwın talap etemiz. Bunnan keyin barlıq statikalıq ma'selelerde a'dette qollanılatug'ınday

$$g_{14} = g_{24} = g_{34} = 0 \quad (8)$$

dep alamız. Endi bizin' kontinuumnıń' (g_{11} , g_{12} , ... , g_{33}) tek ken'isliklik-geometriyalıq qa'siyetlerin xarakterleytug'ın gravitatsiyalıq maydannın' potentsialının' qurawshıların anıqlaw qaladı. Maydan payda etiwshi massalardıń' ten' o'lsheuli tarqalıwı haqqındag'ı bizin' qabil etken boljawımızdan biz izlep atrıǵ'an metrlik ken'isliktin' iymekliginin' turaqlı bolatug'ınılıǵ'ı kelip shıǵ'adı. Solay etip massalar biz boljag'anday bolıp ten' o'lsheuli tarqalg'an bolsa izlenip atrıǵ'an tuyıq kontinuum (turaqlı x_4 tegi x_1 , x_2 , x_3 ler) sferalıq ken'islik bolıwı kerek.

Mısalı, usınday ken'islikke biz to'mendegidey jollar menen kelemiz. To'rt o'lsheimli, sıızıqlı elementi dσ bolg'an Evklid ken'isliginen (ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 , ξ_4) kelip shıǵ'amız. Meyli bul jag'dayda

$$d\sigma^2 = d\xi_1^2 + d\xi_2^2 + d\xi_3^2 + d\xi_4^2 \quad (9)$$

bolsın. Bul ken'isliktegi

$$R^2 = \xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2 + \xi_4^2 \quad (10)$$

giperbetin qaraymız (bul an'latpada R arqalı turaqlı shama belgilengen) Bul giperbettin' noqatları u'sh o'lsheimli kontinuum – iymeklik radiusı R bolg'an sferalıq ko'lemdi payda etedi.

Biz basshılıqqa alg'an to'rt o'lsheimli Evklid ken'isligi tek bizin' giperbetti qolaylı etip anıqlaw ushın xızmet etedi. Bizdi materiya ten' o'lsheuli tarqalg'an fizikalıq ken'isliktin' qa'siyetleri menen sa'ykes keliwshi metrlik qa'siyetlerge iye usı bettin' noqatları qızıqtıradı. Usı u'sh o'lsheimli kontinuumdı ta'riplew ushın ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 koordinatalarınan ($\xi_4 = 0$ giperbetine tu'sirilgen proektsiyaları) paydalanıwǵ'a boladı, sebebi (10) dı paydalanıp ξ_4 ti ξ_1 , ξ_2 , ξ_3 ler arqalı

an'latıw mu'mkin. (9) dan ξ_4 ti jog'altıp sferalıq ken'isliktin' sıızılıq elementı ushın mına an'latpalardı alamız:

$$\left. \begin{aligned} d\sigma^2 &= \gamma_{\mu\nu} d\xi_\mu d\xi_\nu, \\ \gamma_{\mu\nu} &= \delta_{\mu\nu} + \frac{\xi_\mu \xi_\nu}{R^2 - \rho^2}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Bul an'latpada eger $\mu = \nu$ bolsa $\delta_{\mu\nu} = 1$, eger $\mu \neq \nu$ bolsa $\delta_{\mu\nu} = 0$, al $\rho^2 = \xi_1^2 + \xi_2^2 + \xi_3^2$. $\xi_1 = 0$, $\xi_2 = 0$, $\xi_3 = 0$ noqatınan' a'tirapın izertlew haqqında ga'p bolg'anda saylap alıng'an koordinatalar ju'da' qolaylı.

Solay etip endi bizge izlenip atırg'an to'rt o'lsheмли ken'islik-waqıtlıq du'nyanın' sıızılıq elementı de berilgen. A'l'bette eki indeksi de 4 ke ten' emes $g_{\mu\nu}$ potentsialları ushın biz jaza alamız:

$$g_{\mu\nu} = - \left(\delta_{\mu\nu} + \frac{x_\mu x_\nu}{R^2 - (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)} \right) \quad (12)$$

Bul ten'lik (7) ha'm (8) benen birlikte biz qarap atırg'an to'rt o'lsheмли ken'isliktegi masshtablardıń, saatlardıń, jaqtılıq nurlarınan' qa'siyetlerin tolıq anıqlaydı.

§ 4. Gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemelerine kirgiziw za'ru'r bolg'an qosımsha ag'za haqqında

Men using'an gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemeleri mınaday tu'rge iye:

$$\left. \begin{aligned} G_{\mu\nu} &= -\kappa \left(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} T \right) \\ \text{бул жерде} \\ G_{\mu\nu} &= -\frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \alpha \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \mu\alpha \\ \beta \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \nu\beta \\ \alpha \end{matrix} \right\} + \frac{\partial^2 \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\mu \partial x_\nu} - \left\{ \begin{matrix} \mu\nu \\ \alpha \end{matrix} \right\} \frac{\partial \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\alpha}. \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Eger $g_{\mu\nu}$ din' ma'nislerin (7), (8) ha'm (12) den qoysaq, al materiya energiyasınan' (kontravariant) tenzorınan' ornına (6) nı qoysaq (13)-ten'lemeler sisteması hesh waqıtta da qanaatlandırılmaydı. Endigi paragrafta usınday esaplawlardı qalayınsha qolaylı etip ju'rgiziw ko'rsetiledi. Solay etip men ele paydalanbag'an tek (13)-maydan ten'lemesin ulıwmalıq salıstırmalıq printsipi menen sa'ykes keletug'ınlıg'ına isenim bolsa, onda salıstırmalıq teoriyasın du'nyanın' tuyıqlıg'ı haqqındag'ı gipoteza menen a'l'bette u'ylespeydi dep juwmaq shıg'arıw gerek.

Biraq (13)-ten'lemeler sisteması salıstırmalıq postuladı menen joqarıdag'ı Puasson ten'lemesin (2)-ten'leme tu'rinde ulıwmalastırıw'a tolıq sa'ykes keletug'ın ulıwmalastırıwdı a'melge asırıw'a mu'mkinshilik beredi. Haqıyqatında (13)-maydan ten'lemesinin' shep ta'repine bizge ha'zirshe belgisiz bolg'an λ universallıq konstanta menen fundamentallıq tenzor $g_{\mu\nu}$ din' ko'beymesin qosa alamız. Usınan' menen birge biz ulıwmalıq kovariantlıqtı buzbaymız ha'm (13)-ten'lemelerdin' ornına alamız

$$G_{\mu\nu} - \lambda g_{\mu\nu} = -\kappa \left(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} T \right) \quad (13a)$$

Bul maydan ten'lemesi λ nın jetkilikli da'rejedegi kishi ma'nisinde en' keminde Quyash sistemasında ju'rgizilgen baqlawlarǵa sa'ykes keledi. Bul ten'leme impuls penen energiyanın saqlanıw nızamların da qanaatlandıradı. Haqıyqatında da bul nızamlardıń durıslıǵına kepillik беретug'ın Gamilton printsipindegi Riman skalyarının ornına usı skalyardıń universal turaqlıǵa ko'beymesin qoysaq, onda (13)-ten'lemenin ornına (13a) ten'lemeni alıwǵa boladı. To'mende maydan ten'lemesi (13a) nın maydan ha'm materiya haqqındag'ı bizin' boljawlarımızǵa sa'ykes keletug'ınlıǵı ko'rsetiledi.

§ 5. Esaplawlar. Na'tiyje

Bizin' kontinuumnıń barlıq noqatları bir biri menen birdey bolǵanlıqtan esaplawlardı tek bir noqat ushın, mısalı koordinataları $x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = 0$ bolǵan noqat ushın ju'rgizsek boladı.

Usınday jag'dayda (13a) ten'lemedegi $g_{\mu\nu}$ lerdin' usı shamalar differentsiallanbag'an yamasa bir ret differentsiallang'an bolǵan jag'daylarında mına ma'nislerdin' beriliwi kerek

$$\begin{array}{cccc} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}$$

Solay etip da'slep alamız

$$G_{\mu\nu} = \frac{\partial}{\partial x_1} \left\{ \begin{array}{c} \mu\nu \\ 1 \end{array} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ \begin{array}{c} \mu\nu \\ 2 \end{array} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left\{ \begin{array}{c} \mu\nu \\ 3 \end{array} \right\} + \frac{\partial^2 \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\mu \partial x_\nu}.$$

(7), (8) ha'm (13) lerdı dıqqatka alıp eger

$$-\frac{2}{R^2} + \lambda = -\frac{\kappa\rho}{2}, \quad -\lambda = -\frac{\kappa\rho}{2}$$

eki qatnası orınlang'anda (13a) ten'lemelerdin' barlıǵının qanaatlandırılatus'ınlıǵın an'sat tabamız. Demek

$$\lambda = \frac{\kappa\rho}{2} = \frac{1}{R^2}. \quad (14)$$

Solay etip eger ten' salmaqlıq halında saqlanatus'ın tarqalıwdın' ortasha tıǵ'ızlıǵı ρ , sferalıq ken'isliktin' radiusı R ha'm onın' ko'lemi $2\pi^2 R^3$ belgili bolsa biz kirgizgen universal turaqlı λ nın' ma'nisi anıqlanadı eken. Bizin' ko'z-qarasımız boyınsha A'lemnin' tolıq massası M shekli ha'm

$$M = \rho * 2\pi^2 R^3 = 4\pi^2 \frac{R}{\kappa} = \frac{\sqrt{32}\pi^2}{\sqrt{\kappa^3\rho}} \quad (15)$$

shamasına ten'.

Bizin' talqılawlarımız boyınsha haqıyqıy du'nya haqqındag'ı teoriyalıq ko'z-qaraslar to'mendegidey: materiyanın' tarqalıwına sa'ykes ken'isliktin' iymekliginin' xarakteri orın menen waqıttan g'a'rezli. Biraq bul ken'islikti tutası menen juwıq tu'rde sferalıq ken'islik

tu'rinde ko'z aldıg'a keltiriw kerek. Qanday bolg'anda da bul ko'z-qaras logikalıq jaqtan qarama-qarsılıqlarg'a iye emes ha'm ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası ko'z-qarasları boyınsha en' ta'biyiy bolıp tabıladı. Biz bul jerde sol ko'z-qaraslardın' ha'zirgi astronomiyalıq bilimler ko'z-qarasında durıs yamasa nadurıs ekenligi haqqındag'ı ma'seleni qaramaymız. Haqıyqatında da qarama-qarsılıqsız ko'z-qaraslarga o'tiw ushın gravitatsiya maydanının' ten'lemelerine tartısıw haqqındag'ı bizin' bilimlerimizge sa'ykes kelmeytug'm ulıwmalastırıwları biz ba'ri bir kirgiziwimiz kerek. Biraq sonı atap o'tiwimiz za'ru'r, ken'isliktin' ishindegi materiyanın' saldarınan payda bolg'an onın' on' ma'nistegi iymekligi joqarıda ko'rsetilgen qosımsha ag'za kirgizilmese de alınadı. Bul qosımsha ag'za bizge juldızlardın' baqlanatug'm kishi tezliklerine sa'ykes keliwshi materiyanın' kvazistatsionarlıq tarqalıwın ta'miyinlew ushın za'ru'rli.

1917-jıl 15-fevral ku'ni kelip tu'sti.

18-§. Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' altın a'siri

SHama menen 1960-jıldan 1975-jıllarg'a shekemgi da'wirdi ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' altın a'siri dep ataydı. Bul da'wirde UST boyınsha izertlewler teoriyalıq fizikanın' tiykarg'ı bag'darına aylandı. Usı da'wirdin' ishinde biz jasap atırg'an A'lemnin' ta'biyatı haqqındag'ı bizin' ko'z-qaraslarımızdı pu'tkilley o'zgerte alatug'm ko'p sandag'ı tu'sinikler menen terminler kirip keldi. Bul terminler qara qurdımlar ha'm ken'islik-waqıtlıq singulyarlıq tu'sinikleri ayırıqsha orında turadı. Usının' menen bir qatar kosmologiya a'hmiyetli, saldamlı ilimler qatarına kirdi, al u'lken partlanıw teoriyası bolsa ba'rshe ta'repinen qabıl etilgen teoriyag'a aylandı. Altın a'sirdin' aqırı dep Stiven Xoking ta'repinen «Xoking nurlanıwı» dep atalatug'm nurlanıwdın' ashılıwın aytadı.

Usı da'wirde baqlaw astronomiyasında to'mendegidey bir qatar a'hmiyetli ashılıwlar ju'z berdi:

- Kvazarlar. O'lshepleri boyınsha Quyash sistemasının' o'lsheplerindey. Bir neshe ju'z galaktika nurlandıratug'ınday energiyanı nurlandıradı, kvazarlardan bizge jaqtılıq nurları bir neshe milliard jılда jetedı;
- Pulsarlar (keyinirek pulsarlardıń aylanıwshı neytron juldızları ekenligi belgili boldı);
- Qara qurdımlarg'a birinshi kandidat Aq-quw X-1;
- U'lken partlanıw menen onnan keyingi A'lemnin' ken'eyiwiniń belgisi bolg'an relikтив nurlar (kosmoslıq mikrotolqınlıq nurlanıw).

Altın a'sirdegi waqıyalardıń izbe-izligi:

- 1956-jılı Djon Layton Sing salıstırmalıq teoriyası boyınsha geometriyalıq usıllardıń ha'm Minkovskiydin' ken'islik-waqıtlıq diagrammalarının' a'hmiyeti atap o'tilgen birinshi tekstti baspadan shıg'aradı;
- 1957-jılı Feliks Pirani gravitatsiyalıq nurlanıwdı izertlew ushın gravitatsiyalıq maydanlardın' Petrov klassifikatsiyasını paydalanadı;
- 1959-jılı Puand-Rebki eksperimenti – gravitatsiyalıq qızılǵ'a awısıwdın' birinshi da'l testi;
- 1959-jılı Luis Bel Bel-Robinson tenzorın ha'm Riman tenzorın Bel tarqatıwın usındı;
- 1959-jılı Artur Komar «Komar massası» tu'sinigin kirgizedi;
- 1960-jılı SHapiro effekti eksperimentte tastıyqlandı;
- 1960-jılı Tomas Mettiuz ha'm Alan Sandaj 3S 48 (bul kvazardın' belgisi) astronomiyalıq ob'ektinın' optikalıq diapazondag'ı noqatlıq su'wretin aladı ha'm derektin' o'lsheminin' 15 jaqtılıq minutınan u'lken emes ekenligin ko'rsetti;
- 1960-jılı Karl Brans ha'm Robert Dike Brans-Dike teoriyasın usındı. Bul teoriya anıq fizikalıq motivatsiyalarg'a iye alternativlik gravitatsiya teoriyası bolıp tabıladı;
- 1962-jılı Paskal İordan ha'm IUrgens Elers waqıtqa megzes traektoriyalardıń kinematikalıq jayılwın islep shıqtı;
- 1962-jılı Rodjer Penrouz ha'm Erza Niuman Niuman-Penrouz formalizmin usındı;

- 1962-jılı Elers ha'm Wolfgang Kundt Pp-tolqınlar ken'isliklerinin simmetriyasın klassifikatsiyaladı;
- 1962-jılı Djoshua Goldberg ha'm Rayner Saks Goldberg-Saks teoremasın da'lilledi;
- 1962-jılı Elers Eynshteyn ten'lemelerinin sheshimlerinin generatsiyasının jan'a usılı bolg'an Elers tu'rlendiriwlerin usınadı;
- 1962-jılı Kornelius Lanshos Veyl tenzorı ushın Lanshos potentsialın keltirip shıg'ardı;
- 1962-jılı R.Arnovitt, Stenli Dezer ha'm SHarlz Mizner Eynshteyn ten'lemelerinin ADM-formalizmin islep shıqtı ha'm globalıq giperbolalıq tu'sinigin engizdi;
- 1962-jılı Ozvat ha'm Englbert SHukling shen'ber ta'rizli polyarizatsiyag'a iye monoxromat gravitatsiyalıq tolqınlardı ekinshi ret ashtı;
- 1962-jılı Xans Adolf Buxdal «Buxdalb teoreması» dep atalatug'ın teoremanı da'lilledi;
- 1962-jılı German Bondi «Bondi-Saks massası» tu'sinigin kirgizdi;
- 1963-jılı Roy Kerr o'zinin atı menen atalatug'ın metrikanı ashtı. Bul metrika vakuumdegi mu'yeshlik momentke iye qara qurdım ushın Eynshteyn ten'lemelerinin sheshimi bolıp tabıladı;
- 1963-jılı 3S 273 ha'm basqa kvazarlar ushın qızılq'a awısıwdı o'lshepler olardıń og'ada uzaqtag'ı, sonın menen birge og'ada quwatlı ob'ektler ekenligin ko'rsetti;
- 1963-jılı Niuman, T. Unti ha'm L. A. Tamburinolar Niuman-Unti ken'isligin usındı;
- 1963-jılı Rodjer Penrouz «Penrouz diagrammaları» dep atalatug'ın diagrammalardı ha'm «Penrouz shekleri» dep atalatug'ın sheklerdi usındı;
- 1964-jılı R. V. SHarp ha'm Mizner «Mizger-SHarp massası» tu'sinigin kirgizdi;
- 1964-jılı Rodjer Penrouz singulyarlıq haqqındag'ı birinshi teoremanı da'lilledi;
- 1964-jılı M.A.Melvin «Melvin elektrovakuumin» ashtı («Melvinnin magnitlik a'lemi» dep te ataladı).
- 1965-jılı Niuman ha'm basqalar Kerr-Niumannın elektrovakuumlıq sheshimin taptı;
- 1965-jılı Penrouz tegis gravitatsiyalıq tolqın kontinuumındag'ı jaqtılıq konuslarının qurılısın izertledi;
- 1965-jılı Kerr ha'm Alfred SHild «Kerr-SHild ken'islik-waqtın» usındı;
- 1965-jılı SHandrasekar sheshimlerin stabilligi kriteriyn anıqladı;
- 1965-jılı Arno Penzias ha'm Robert Vilson reliktiv nurlanıwdı (kosmoslıq mikrotolqınlıq nurlanıwdı) ashtı;
- 1966-jılı Saks ha'm Ronald Kantovski Kantovski-Sakstin shan'lıq sheshimin taptı;
- 1967-jılı Djoselin Bell ha'm Entoni Xiush pulsarlardı ashtı;
- 1967-jılı Robert Boyer ha'm R. Lindkvist Kerr vakuumı ushın Boyer-Lindkvist koordinataların usındı;
- 1967-jılı Verner İzrael «qara qurdımlarda shashtın joq ekenligi» haqqındag'ı teoremanı da'lilledi;
- 1967-jılı Kennet Nordtvedt parametrlestirilgen postniutonlıq formalizmdi islep shıqtı;
- 1967-jılı Xans Stefani «Stefanidin shan'lıq sheshimi» dep atalatug'ın sheshimin taptı;
- 1967-jılı Brays De Vitt kanonikalıq kvant gravitatsiyası haqqındag'ı birinshi jumısın baspadan shıg'aradı;
- 1968-jılı F.Ernst «Ernst ten'lemesi» dep atalatug'ın ten'lemeni ashtı;
- 1968-jılı B. Kent Garrison «Garrison tu'rlendiriwleri» dep atalatug'ın tu'rlendiriwlerdi taptı. Bul da'l sheshimlerdi generatsiyalawdın jan'a usılı bolıp tabıladı;
- 1968-jılı B.Karter Kerr-Niumen elektrovakuumindegi geodeziyalıq sıızıqlar ushın ten'lemeni sheshedi;
- 1968-jılı Xiugo D. Valkvist ideal suyuqlıqlı «Valkvist sheshimin» taptı;
- 1969-jılı Djozef Veber gravitatsiyalıq tolqındı eksperimentte baqlag'anlıg'ın bildirdi (tastıyıqlanbag'an ha'm shaması qa'te bildiriw);
- 1969-jılı Uilyam Bonnor «Bonnor jaqtılıq nurın» usındı;
- 1969-jılı Penrouz kosmoslıq tsenzura gipotezasın (ha'lsiz gipotezasın) ha'm «Penrouz protsessi» dep atalatug'ın protsessti usındı;

- 1969-jılı Stiven Xoking qara qurđımın betinin kishireymeytug'ınlıg'ı haqqındag'ı teoremanı da'lilledi;
- 1970-jılı Franko Zerilli o'zinin atı menen atalg'an ten'lemenı usındı;
- 1970-jılı Vladimir Belinskiy, İsaak Xalatnikov ha'm Evgeniy Lifshits «Belinskiy-Lifshits-Xalatnikov» gipotezasın usındı;
- 1970-jılı SHandrasekar postniutonlıq jaqınlasıw $5/2$ ta'ribindegi da'llikke jetti;
- 1970-jılı Xoking ha'm Penrouz tutup alıng'an betlerdin' qara qurdımlardı payda etetug'ınlıg'ı haqqındag'ı teoremanı da'lilledi;
- 1970-jılı Kinnersli-Uoker foton raketası usındı;
- 1970-jılı Piter SHekeres soqlıg'ısıwshı tegis tolqınlardı usındı;
- 1970-jılı Martin Kruskal ha'm Piter SHekeres bir birinen g'a'rezsiz SHvartsschild metrikası ushın Kruskal-SHekeres koordinataların usındı;
- 1971-jılı Vilyam Press qara qurdımlardin' ostsilyatsiyaların sanlı usıllar menen izertledi;
- 1972-jılı Djejkob Bekenshteyn entropiyanın kemeymeytug'ınlıg'ı nızamı qara qurdımlar ushın da orınlanatug'ınlıg'ı haqqındag'ı jag'daydı kirgizdi, qala berse bunday jag'dayda entropiyanın ornın gorizonttın maydını iyeleydi;
- 1972-jılı Karter, Xoking ha'm Djejms Bardin qara qurdımlar termodinamikasının to'rt nızamın tiykarlaydı;
- 1972-jılı Saks optikalıq skalyar tu'sinigin kirgizdi;
- 1972-jılı Rayner Vayss gravitatsiyalıq tolqınlardin' interferometrlik detektorı ideyasın usındı;
- 1972-jılı Djozef Xafele ha'm Rishard Kiting salıstırmalıq teoriyasın tekserip ko'riw ushın atomlıq saatlar menen «Xafele-Kiting eksperimenti» dep atalıwshı eksperimentti orınladı;
- 1972-jılı Rishard Prays esaplaw eksperimentinin ja'rdeminde gravitatsiyalıq kollapstı izertledi;
- 1972-jılı Saul A. Tiukolski «Tiukolski ten'lemesi» dep atalatug'ın ten'lemenı keltirip shıg'ardı;
- 1972-jılı YAkov Zeldovich gravitatsiyalıq nurlanıwdın elektromagnit nurlanıwg'a, elektromagnit nurlanıwdın gravitatsiyalıq nurlanıwg'a aylanatug'ınlıg'ın boljadı;
- 1973-jılı P.Vaydya ha'm L.K.Patel izotrop shan' ushın Kerr-Vaydya sheshimin usındı.
- 1973-jılı SHarlz Mizner, Kip Torn ha'm Djon Uiler fundamentallıq miynet bolg'an *Gravitation* atlı kitabın baspadan shıg'ardı (rus tilinde «Gravitatsiya» kitabı u'sh tom tu'rinde 1977-jılı baspadan shıqtı), bul kitap ha'zirgi waqıtlardag'ı salıstırmalıq teoriyası boyınsha standart sabaqlıqqa aylandı;
- 1973-jılı Stiven Xoking ha'm Djordj Ellis «*The Large Scale Structure of Space-Time*» («Ken'islik-waqtıtın u'iken masshtablardag'ı qurılısı» kitabı rus tilinde 1977-jılı shıqtı) kitabı baspadan shıqtı.
- 1973-jılı Gerox «Gerox-Xeld-Penrouz» formalizmin usındı;
- 1974-jılı Rassel Xalse ha'm Djozef Teylor PSR B1913+16 qos pulsarın taptı;
- 1974-jılı Djejms York ha'm Nil O Murshadxa (Niall Ó Murchadha) baslang'ısh mag'lıwmatlar ma'selesin tallawın usınadı ha'm onın sheshimlerinin stabilligin izertledi;
- 1974-jılı R.O.Xansen «Xansen-Geroxın' multipollıq momentlerin» usındı;
- 1974-jılı Tullio Redje «Redje esaplawı» dep atalatug'ın esaplawdı islep shıqtı;
- 1974-jılı Xoking «Xoking nurlanıwı» dep atalatug'ın nurlanıwdı ashtı;
- 1975-jılı SHandrasekar ha'm Stiven Detvayler qara qurdımlardin' kvazinormal modaların esapladı;
- 1975-jılı SHekeres ha'm D.A.SHafron (D.A.Szafron) «SHekeres-SHafron shan' sheshimi» dep atalatug'ın sheshimdi taptı;
- 1976-jılı Penrouz «Penrouz shekleri» dep atalatug'ın sheklerdi kirgizdi (ha'r bir geodeziyalıq sıziq psevdoriman ko'p tu'riginde (mnogoobrazie) tegis tolqın qa'siyetine iye boladı)

- 1978-jılı Belinskiy ha'm Zaxarov Eynshteynnin' ten'lemelirin shashırawdın' keri ma'selesı sıpatında sheshıwdın' mu'mkin ekenligin ko'rsetti (birinshi gravitatsiyalıq solitonlar);
- 1979-jılı Rishard SHon ha'm SHing-Tun gravitatsiyalıq maydannın' energiyasınıń ma'nisinin' on' ekenligi haqqındaǵı teoremanı da'lilledi.

Stiven Xoking Eynshteyn haqqında:

Eynshteynnin' yadrolıq quralǵa tiykarlang'an siyasat penen qanday baylanısta bolǵanlıǵı jaqsı belgili: ol prezident Ruzveltke o'zinin' belgili xatın jazdı. Bul xat Qurama SHtatlarg'a awhaldı durıs bahalawǵa ma'jbu'rledi. Al urıstan keyin ol yadrolıq urıstın' aldın alıw boyınsha ha'reketke qatnastı. Bul siyasatqa tartılǵan ilimpazdın' o'mirinin' ayırım epizodları emes. O'zinin' so'zleri boyınsha Eynshteynnin' o'miri «siyasat penen ten'lemeler arasında o'tti».

Eynshteynnin' da'slepki siyasiy aktivligi Birinshi du'nya ju'zilik urıs waqtında Berlinde professor bolıp islep ju'rgende payda boldı. Adamlardıń o'mirlerinin' paydasız u'zilgenligine qa'harlengen ol antia'skeriy demonstratsiyalarg'a qatnastı. Onın' grajdanlıq xalıqtı qorg'aw boyınsha shıǵıp so'ylewleri, armiyag'a barıwdan bas tartqanlardı jurtsılıqtın' aldında qollap-quwatlawı o'zinin' ka'siplesleri arasında onın' abırayın ko'tere almadı. Urıstan keyin Eynshteyn o'zinin' ku'shin ta'replerdin' jarasıwına, xalıq aralıq qatnaslardın' jaqsılanıwına qarattı. Usınday ha'reketler de Eynshteynnin' adamlar arasındaǵı abırayın ko'termedi ha'm biraz waqıttan keyin og'an Qurama SHtatlarg'a barıp lektsiyalar oqıwǵa qıyın bolıp qaldı.

Eynshteynnin' o'mirindegi ekinshi a'hmiyetli is sionizm boldı. Kelip shıǵıwı boyınsha evrey bolsa da Eynshteyn Qudaydın' Bibliyalıq ideyasın biykarladı. Birinshi du'nya ju'zilik urıstan burınǵı ha'm onnan keyingi kem-kemnen ku'sheyip baratırǵan antisemitizm tolqını Eynshteyndi evreylerdin' ja'ma'a'tine ten'lestiriwge alıp keldi ha'm ol sionizmnin' tolıq ta'repdarına aylandı. Bul jag'dayda da belgililiginin' to'menlewi Eynshteynge o'zinin' pikirlerin pashıqtan-ashıq aytıwda toqtata alg'an joq. Onın' teoriyasının' dan'qı ko'terildi, ha'tte antieynshteynlik sho'lkem de payda boldı. Bir adam Eynshteyndi o'ltiriwge shaqırǵanlıǵı ushın sudqa berildi (ha'm barlıǵı bolıp altı dollar ja'riyma salıǵ'an). Biraq Eynshteyn sabırlılıq ko'rsetti, al «Eynshteynge qarsı ju'z avtor» kitabı shıqqan waqıtta ol «Eger menin' islerim durıs bolmag'anda birewi-aq jetkilikli bolǵan bolar edi» dep juwap berdi. 1933-jılı ma'mleket basına Gitler keldi. Usı waqıtları Amerikada bolǵan Eynshteyn Germaniyag'a qaytpaytug'ınlig'ın dag'azaladı. Natsistlik a'skerler onın' u'yin qorshap alg'anda, al onın' banktegi esabı konfiskatsiyalang'anda Berlinde shıǵatug'ın gazetalardıń birinde «Jaqsı xabarlar - Eynshteyn qaytıp kelmeydi» degen u'lken ha'ripler menen jazılǵan so'zler payda boldı. Natsistlik qa'weterdin' aqıbetinde Eynshteyn patsifizmnen uzaqlastı ha'm nemets ilimpazlarının' atom bombasın sog'ıwınan qorıqqanlıǵınan aqır-ayag'ında Qurama SHtatlarg'a o'zinin' menshikli atom bombasın do'retiwdi usındı. Biraq birishi atom bombasının' partlanıwınan burın-aq ol yadrolıq urıstın' qa'wipliligi haqqında jurtsılıqtı aldın ala eskertti ha'm yadrolıq qurallardı xalıqaralıq qadag'alawdı sho'lkemlestiriwdi usındı. Eynshteynnin' barlıq o'mirinin' barısındaǵı onın' jarastırıwshılıq tırıswları og'an belgili bir bekkem na'tiyjelerdi bermedi ha'm onın' doslarının' sanın arttırmadı. Biraq onın' sionizmdi jaqlaw boyınsha ko'pshilik aldındaǵı shıǵıp so'ylewleri ılayıqlı bahalandı ha'm 1952-jılı og'an İzraildın' Prezidenti lawazımı usınıldı. Eynshteyn o'zin siyasatta dım nadanman dep dag'azalap bul lawazımnan bas tarttı. Biraq bas tartıwdın' haqıyqıy sebebi basqa bolsa kerek. Onın ja'ne bir tsitata keltiremiz: «Menin' ushın ten'lemeler a'hmiyetlirek, sebebi siyasat bu'gingi ku'n ushın, al ten'lemeler ma'n'gige kerek».

18-§. German Minkovskiy

1908-jılı nemets matematigi ha'm fizigi German Minkovskiy (1864-1909) fizika ha'm matematika ilimlerine *to'rt o'lshemli du'nya (shetirexmerniy mir)* tu'sinigin kirgizdi.

Minkovskiydin' to'rt o'lsheмли du'nyasında u'sh o'lsheмли kenisliklik, al to'rtinshi o'lsheмли waqıt bolıp tabıladı. Bul jag'dayda ha'r bir bir zamatlıq waqıya x, y, z, t to'rt sanı menen ta'riplenedi.

Interval

$$s_{21}^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 - c^2(t_1 - t_2)^2$$

dı jazg'anda tolıq simmetriyalıqtı saqlaw ushın Minkovskiy to'mendegidey belgilewlerdi usındı:

$$x_1 = x, \quad x_2 = y, \quad x_3 = z, \quad x_4 = ict.$$

Bul an'latpada $i = \sqrt{-1}$. Sonın' menen birge bir birine jaqın eki waqıyanı qarag'anda koordinatalardıń ayırmasın differentsialdın' belgisi menen belgilew usınıldı. Mısalı $x_2 - x_1 = dx$, $is(t_2 - t_1) = isdt$. Waqıyalar arasındag'ı interval ds penen belgilenedi. Olay bolsa

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2 = \sum_{i=1}^4 dx_i^2.$$

Solay etip ds shamasın (yamasa s_{21} dı) to'rt o'lsheмли du'nyadag'ı *qashıqlıq* sıpatında, al bir koordinatalar sistemasınan ekinshi koordinatalar sistemasına o'tiwdi to'rt o'lsheмли du'nyadag'ı koordinatalar ko'sherlerin «burıw» sıpatında qarawg'a boladı.

To'rt koordinata x_1, x_2, x_3, x_4 lerdin' jıynag'ın Minkovskiy *du'nyalıq noqat* dep atadı. Berilgen esaplaw sistemasındag'ı belgili bir denenin' turg'an ornın ta'ripleytug'ın usınday koordinatalardıń u'zliksiz katarın *du'nyalıq sıziq* dep ataymız (qanday da bir dene menen baylanıskan waqıyalardıń izbe-izligi).

Mısal retinde Jerdin' du'nyalıq sıziq'ın sızamız. Jer orbitası tegis bolg'anlıqtan onın' du'nyalıq sıziq'ı vintlik sıziq, al usı vintlik sıziqtın' orbita tegisligine tu'sirilgen proektsiyası ellips boladı.

Eger $l^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2$ ha'm $\tau^2 = (t_1 - t_2)^2$ dep belgilesek mına jag'daylardın' orın alatug'ınlıg'ın ko'remiz: 1) $l < \sigma\tau$, 2) $l > \sigma\tau$ ha'm 3) $l = \sigma\tau$.

$l < \sigma\tau$ jag'dayındag'ı interval waqıtqa megzes intervalg'a sa'ykes keledi: bul jag'dayda t_1 ha'm t_2 waqıt momentlerinde x_1 ha'm x_2 noqatlarında bolg'an waqıyalar arasındag'ı kashıqlıq $\tau = t_2 - t_1$ waqıtı aralıg'ında jaqtılıq signalı basıp o'tetug'ın joldan kishi. Eki waqıya arasındag'ı qashıqlıq nolge aylanatug'ın esaplaw sisteması da boladı. Biraq koordinatalar sistemaların saylap alıw jolı menen bul waqıyalardı bir waqıtta ju'z беретug'ın waqıyalarg'a aylandırıw mu'mkin emes. 1-waqıya 2-waqıyanın' sebebi bolıwı mu'mkin. Sonın' menen birge waqıyalardıń bunday izbe-izligi barlıq inertsiallıq sistemalarda birdey boladı.

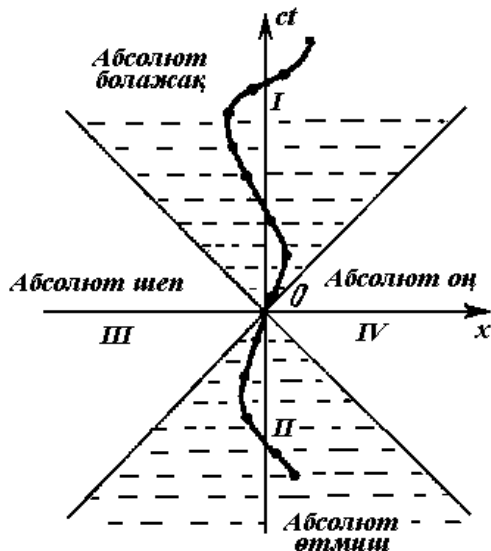
Eger $l > \sigma\tau$ bolsa eki waqıya arasındag'ı qashıqlıq jaqtılıq nurı τ waqıtı ishinde o'tetug'ın joldan u'lken. Sonlıqtan 1-waqıya 2-waqıyanın' sebebi bola almaydı. Bunday intervaldı *ken'islikke megzes interval* dep ataw kabil etilgen. Bunday jag'dayda eki waqıya da bir waqıtta ju'zege keletug'ın esaplaw sistmasın saylap alıwga boladı. Biraq eki waqıya bir noqatta ju'zege keletug'ın esaplaw sistemaların saylap alıw mu'mkin emes. Bul jerde waqıyanın' ornın da o'zgertiw mu'mkin emes: bir sistemdag'ı «*shep ta'rep*» basqa sistemalarda da «*shep ta'repte*» jaylasadı. Solay etip «*absoliut shep*» penen «*absoliut on*» dı bir birinen ajratıw mu'mkin.

Eger $l = \sigma\tau$ bolsa eki waqıya arasındag'ı qashıqlıq τ wakıtı ishinde jaqlılıq ju'rip o'tetug'ın jolg'a ten'. Bul *jaqtılıqqa megzes interval* bolıp tabıladı.

Su'wrette x ko'sheri bag'ıtında shaması boyınsha da, bag'ıtı boyınsha da o'zgermeli tezlik penen qozg'alıwshı bazı bir denenin' du'nyalıq sıziq'ı keltirilgen. $x=0$ ha'm $t=0$ nokatında ju'zege kelgen O waqıyasına itibar beremiz. Usı noqatqa salıstırg'anda I ushastkanı payda etiyashi O waqıyasınan waqıtqa megzes intervallar menen kashıqlag'an waqıyalar bolıp tabıladı. Bul waqıyalar O waqıyasınan keyin ju'zege keledi (bul juwmak koordinata sistemasın saylap alıwdan g'a'rezli emes). Al II ushastkasında bolsa O waqıyasına salıstırg'anda «*absoliut o'tken*» waqıyalar jaylasadı.

x ko'sherinin' u'stinde joylaskan $x = \pm st$ tuvrlari jaqtılıqqa megzes intervallarg'a – x ko'sheri bag'itındag'ı jaqtılıq signallarının' tarqalıwına sa'ykes keledi. Bul signallar $t=0$ waqıt momentinde $x=0$ noqatınan mu'mkin bolg'an eki bag'ıtta jiberilgen.

III ha'm IV ushastkalardag'ı qa'legen noqat O waqıyasınan ken'islikke megzes interval menen qashıqlasqan (yag'niy bul noqat O waqıyasınan absoliut qashıqlasqan).



Denenin' du'nyalıq sızig'ının' Minkovskiy tegisligindegi su'wreti. Dene X ko'sheri bag'ıtında shaması boyınsha da, bag'ıtı boyınsha da o'zgermeli tezlik penen qozg'aladı.

20-§. Salıstırmalıq teoriyasının' basqa ilimpazlar ta'repinen qabıl etiliwi

Biz misal retinde Rossiyada 1920-jılları A.Eynshteynnin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasın qalay qabıl etilgenligi haqqında qısqasha mag'lıwmat beremiz. Bul mag'lıwmat V.Frederikstin' «Eynshteynnin' salıstırmalıg'ının' ulıwmalıq printsipi» («Общій принцип относительности Eynshteyna») maqalasında ayqın tu'rde berilgen¹⁴⁴. menen tanısıw onın' avtorının' salıstırmalıq teoriyası qanday da'rejede teren' bilgenliginen derek beredi. Ol maqalasın bılay baslaydı:

«Eynshteynnin' salıstırmalıqtın' printsipi boyınsha en' birinshi jumısı retinde 1914-jılı Berlin İlimler Akademiyasınan' protokollarında payda bolg'an „Pie formale GrundSagen der allgemeiner Relativitatstheorie“ (Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasınan' formal tiykarları) (Berlin. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften. 1914. T. XLI) jumısın qabıl etiw kerek. Bir qansha du'zetiwlər qosımshalar kirgizilgen bul jumıs 1916-jılı Annalen d.Physik jurnalında jariq ko'rdi. Maqalanın' ottiskleri satıwğa tarqatıldı. Usınan' saldarınan Eynshteynnin' jumısı ko'pshilikke belgili boldı. 1915-1916 jılları Leydende salıstırmalıqlıq teoriyası boyınsha lektiylar oqıg'an Lorentz bul teoriyanı «Eynshteynnin' tartılıs teoriyası», matematik Hubert 1915-1916 jılları jariq ko'rgen maqalaların «Die Grundlagen der Physik» (Fizika tiykarları), al matematik Weyl 1918-jılı shıqqan ha'm bul teoriyag'a bag'ishlag'an kitabın „Raum, Zeit, Materie“ (Ken'islik, waqıt, materiya) dep atadı. Usı atlardın' o'zi Eynshteyn ta'repinen do'retilgen teoriyanın' barlıq fizikanı qamtıytug'ınlig'in ko'rsetedi, al bunday teoriyanın' u'lken qızıg'ıwshılıqtı payda etpewi mu'mkin emes. Sonlıqtan bul teoriya payda bolıwdan onın' menen Lorentz, Hubert, Weyl usag'an ataqlı fizikler menen matematikler shug'ıllana basladı. Biraq teoriyanı belgili bir da'rejede tolıq ha'm tiykarlı etip bayanlaw fizikler ushın u'lken qıyınshılıq payda etetug'in ju'da' quramalı matematikalıq apparattı talap etedi. Bul teoriyanı ko'pshilik ushın bayanlaw onın' qanshama jaqsı jazılğanlıg'ına qaramastan tu'siniksiz, da'l emes, duman ta'rizli obrazlardı g'ana bere aladı. Bul maqala da qısqa bolg'anlıg'ına

¹⁴⁴ Bul maqala «Uspexi fizicheskix nauk» jurnalının' 1921-jılǵı ekinshi sanında bar. Keyin 1999-jılı usı jurnaldın' 12-sanında qaytadan basıldı (1339-1350 betler). Bul jerde «Statya v pervie opublikovana v jurnale «Uspexi fizicheskix nauk» 2 162 (1918)» degen belgi qoyılǵan. Biraq biz 1918-jılǵı maqalanı taba alg'anımız joq. Maqala qaraqalpaq tiline de awdarılǵan ha'm onı www.abdikamalov.narod.ru web-betinen alıwǵa boladı.

baylanıslı Eynshteynnin' teoriyasına jetkilikli da'rejede tolıq tu'sinik bere almaydı. Onın' maqseti tiykarg'ı jag'daylardı anıqlaw ha'm solardı eki yamasa u'sh salıstırmalı a'piwayı ma'selelerdi sheshiw ushın qollanıw bolıp tabıladı (mısalı da'slepki waqıtları ko'p shawqım payda etken Merkuriydin' perigeliyinin' qozg'alısı ha'm Quyashtın' tartılıs maydanındag'ı jaqtılıq nurının' bag'ıtının' o'zgerisi). Eynshteynnin' basshılıqqa alg'an tiykarg'ı jag'dayların durılıg'ı tastıyıqlang'an ha'm gu'man payda etpeytug'ın teoremalardan deduktivlik usıl menen keltirip shıg'arıw mu'mkin bolg'an teoremlar dep qarawg'a bolmaytug'ınlıg'ı o'z-o'zinen tu'sinikli. Teoriyanın' tiykarların tu'sindiriw usı teoriyanın' do'retiliwine sebep bolg'an jag'daylardı ha'm usı jag'daylardın' ne sebepli tiykarg'ı ekenligin tu'sindiriw (durısırag'ı sol jag'daylardı izbe-izlikte atap o'tiw) bolıp tabıladı. Teoriyanın' durılıg'ına da'lildi a priori de emes (aldın ala emes), al a posteriori de (alıng'an na'tiyjeleri boyınsha) izlew kerek. Biraq Eynshteynnin' teoriyasında na'tiyjelerinin' eksperimentallıq tastıyıqlanıwı yamasa usı teoriya tiykarında usı waqıtlarg'a shekem belgisiz bolg'an qubılıslardı boljawlar a'hmiyetke iye bolmaydı. Eynshteyn teoriyasının' tiykarları og'ada u'lken printsipiiallıq ma'niske iye, usı ma'nisten teoriyanın' en' baslı qa'dirliligini izlew kerek. Al Eynshteyn teoriyasın tastıyıqlaytug'ın bir neshe ta'jiriybeler (bul ta'jiriybeler qanshama a'jayıp tu'rde o'tkerilgen bolsa da) printsipiiallıq ma'niske iye emes.»

Maqalanın' bunnan keyingi bo'limi «Geometriya ha'm fizika» dep atalıp, onda avtor mına jag'dayg'a itibar qarattı: «Eynshteynge shekem geometriya menen fizika ha'r qıylı bolg'an eki ilim sıpatında qabil etilip keldi. Fizikada geometriyag'a fizikag'a qatnası boyınsha sırtqı bir na'rse sıpatında qaraldı. Fizikanın' haqıyqıy mazmunı ta'jiriybede, tek ta'jiriybede berildi. U'sh o'lsheмли ken'isliktin' Evklid geometriyası tek g'ana ramka (za'ru'rli bolg'an ramka) xızmetin atqardı. Sebebi barlıq fizikalıq qubılıslar usı qubılıslarg'a pu'tkilley baylanıssız bolg'an ken'islikte o'tedi. Biraq ha'zirgi waqıtları «dara (geyde arnawlı) salıstırmalılıq teoriyası» dep atalatug'ın teoriyada (1905-jıl) Minkowski Evklid geometriyasının' barlıq belgilerine iye emes 4 o'lsheмли ken'isliktin' geometriyasınan paydalandı. Bul geometriya fizika menen usı geometriyag'a kiriwshi jaqtılıqtın' tezligine ten' turaqlı shama menen baylanısqan. Bul geometriyada uzınlıq elementi $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2 dt^2$ an'latpası ja'rdeminde anıqlanadı. Bul an'latpadag'ı x, y, z ken'islik koordinataların an'latadı, t waqıt, al c jaqtılıqtın' tezligi. Bul Evklid geometriyası emes, sebebi Evklid geometriyasında bolsa $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 + dc^2 t^2$ an'latpasına iye bolg'an bolar edik. Bunnan basqa bul geometriyada jaqtılıqtın' tezligi c qatnasatug'ın bolg'anlıqtan fizika menen baylanısqan dep esaplaymız. Biraq Minkowski geometriyasına formal xarakterge iye na'rse sıpatında qaraldı ($\sqrt{-1}$ ge qarag'an sıyaqlı) ha'm fizika menen geometriya arasında tıg'ız baylanıs ele de orın alg'an joq.» ekenligin ko'rsetiw menen birge «Eynshteynnin' «arnawlı» printsipinde waqıt ken'isliktegi o'lsheimler menen tıg'ız baylanısqan ha'm olardan ayrılmaytug'ın shama sıpatında qaraladı. Sonlıqtan to'rt o'lsheмли ken'islikke iye bolamız ha'm bul jag'dayda waqıt koordinatalardı birewinin' ornın iyeleydi. Ha'r bir fizikalıq qubılıs usı qubılıs ju'z bergen orın (u'sh ken'isliklik koordinata) ha'm qubılıs ju'z bergen waqıt momenti menen anıqlanadı (waqıt koordinatası). Bul to'rt koordinatalardı o'siminen uzınlıq elementi ushın an'latpa alınadı:

$$ds^2 = \sum a_{ik} dx_i dx_k, \quad i, k = 1, 2, 3, 4;$$

Bul an'latpadag'ı to'rt koordinata da birdey orındı iyeleydi. Biraq waqıt (aytayıq x_4 arqalı belgilengen bolsın) ken'isliklik x_1, x_2, x_3 koordinataları menen bir emes. Hilbert ta'repinen barlıq teoriyalarda da waqıt koordinatası o'zine ta'n qa'siyetlerge iye bolıwı ushın a_{ij} shamaları qanaatlandırıtug'ın sha'rtler anıqlandı.»

Bunnan keyin V.Frederiks A.Eynshteynnin' to'mendegidey to'rt qa'desin keltiredi¹⁴⁵:

Eynshteynnin' birinshi qa'desi. Solay etip Eynshteynnin' birinshi qa'desinin' ma'nisi to'mendegiden ibarat: Uzınlıq elementi

¹⁴⁵ Eynshteynnin' o'zinin' maqalalarında bunday etip ayırılıp keltirilgen qa'deler joq.

$$ds^2 = \sum_{ik} a_{ik} dx_i dx_k, \quad i, k = 1, 2, 3, 4$$

formulası ja'rdeminde anıqlanadı ha'm a_{ij} funktsiyasının' ma'nisinin' nege ten' ekenligin ta'jiriybe anıqlaydı.

Eynshteynnin' ekinshi tiykarg'ı qa'desi. Solay etip Max paradoksin qarap Eynshteyn bir tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lsheqli koordinatalar sistemasınan ekinshi tuwrı sızıqlı ha'm ten' o'lsheqli koordinatalar sistemasına o'tiwidin' mu'mkin ekenligi menen bir qatar barlıq koordinatalıq tu'rlendiriwlerdin' mu'mkin eken degen juwmaqqa keldi (bug'an qozg'alıs ta'kiretug'm bolg'anlıqtan jan'a x'_i , $i = 1, 2, 3, 4$ koordinataları to'rt x_i , $i = 1, 2, 3, 4$ koordinatalarının' iqtıyarlı funktsiyaları bola aladı).

Eynshteynnin' u'shinshi tiykarg'ı qa'desi. Ekvivalentlik printsipin qarap Eynshteyn mına juwmaqqa keledi: *Fizikalıq ken'isliktin' qa'siyetlerin anıqlawshı dog'a elementi, yag'nıy*

$$ds^2 = \sum_{ik} g_{ik} dx_i dx_k \quad i, k = 1, 2, 3, 4$$

o'z ishine 10 dana g_{ik} funktsiyaların aladı. Berilgen koordinatalar sistemasındag'ı geometriyanın' forması da, tartılıs maydanı da usı funktsiyalardan g'a'rezli boladı.

Eynshteynnin' to'rtinshi tiykarg'ı qa'desi. Joqarıda keltirilgen tiykarında mexanika menen fizikanı du'ziw ushın ja'ne de bir eskertiwdi esapqa alıw kerek. Eger koordinatalar sistemasın saylap alıw iqtıyarlı tu'rde ju'rgiziletug'm bolsa, onda onın' ja'rdeminde ta'biyattı qalay ta'ripleymiz? Biz ta'repten iqtıyarlı tu'rde ju'rgizilgen islerden g'a'rezsiz bolg'an na'tiyjelerdi qalay alamız? Ta'biyattın' nızamları bizin' iqtıyarımızdan g'a'rezsiz g'o. Bul sorawlarg'a juwap o'z o'zinen beriledi: ta'biyattın' nızamları bizin' iqtıyarımızdan g'a'rezsiz bolg'anlıqtan, ol nızamlar da biz ta'repten saylap aling'an koordinatalar sistemalarından g'a'rezsiz bolıwı kerek. Matematika tilinde ta'biyattın' nızamları qa'legen koordinatalıq tu'rlendiriwlerge qarata invariant bolıwı kerek. Danışpan Eynshteynge koordinatalar sistemasın saylap alıwdan g'a'rezsiz ha'm invariant bolg'an fizika menen mexanikanın' nızamların tabıwdın' ha'm du'ziwdin' sa'ti tu'sti. Mexanika menen fizikanın' tiykarg'ı ten'lemelerin ta'riplewge biz ha'zir o'temiz. Usıg'an shekem ayılğ'anlardın' Eynshteyn ta'repinen ju'rip o'tilgen joldı g'ana tu'sindiredi. Al onın' qa'delerinin' durıs ekenligin ko'rsetiw xızmetin atqara almaydı (Eynshteynnin' tastıyıqlawları Niuton mexanikasının' sa'ykes tastıyıqlawları aldında ayqın artıqmashlıqlarg'a iye bolsa da).

Bunnan keyin avtor A.Eynshteynnin' gravitatsiya maydanı ushın du'zilgen ten'lemelerin keltirip shıg'aradı ha'm u'lken massalı denelerdin' ken'islikti mayıstırıwı boyınsha juwmaqlar shıg'aradı.

21-§. Pol Adrien Moris Dirak

O'tip baratırğ'an XIX a'sirdin' en' aqırğ'ı jılınnı' aqırında Maks Plank o'zinin' nurlanıw teoriyası boyınsha ko'pshilikke belgili bayanatı boyınsha shıg'ıp so'ylegende usı ullı ilimiy ashılıwdın' bolajaq na'tiyjeleri haqqında hesh kim de oylag'an joq edi. Aradan sherek a'sir o'tti ha'm derlik barlıg'ı da XX a'sirdin' basında tuwılğ'an jas fiziklerdin' bir toparı jan'a fizikanı – kvant mexanikasın do'retti. Jan'a revoliutsiyalıq ideyanın' durısılıg'ına tek az sandag'ı fizikler tu'sine alg'an bolsa da, bir neshe jıl ishinde kvant mexanikası tolıq do'retilgen formanı qabil etti.

Kvant mexanikasın a'dette eki obrazda do'redi dep aytadı. Maks Planktı jaqtılıqtın' kvantlıq qa'siyetin usıng'anı ushın ayırıqsha sıylaydı. Lui de Broyl bo'lekshelerdin' tolqınlıq qa'siyetinin' bar ekenligin tu'sindi. Biraq Plankta da, de Broyl da konkurentler bolmadı. Biraq olar kerekli waqıtta jasadı ha'm da'rha'l bolmasa da olardıń ideyaları adamlar ta'repinen qabıl etildi.

Bir birine qarama-qarsı bolıp ko'rinetug'ın ko'z-qaraslardı biriktiriw u'sh to'mende atları keltirilgen fiziktin' xızmeti bolıp tabıladı:

Verner Geyzenberg (1901-1976),

Ervin SHredinger (1887-1961),

Pol Adrean Moris Dirak (1902-1984).

Bul dizimge Wolfgang Pauli di (1900-1958) kirgiziwge boladı.

Joqarıda keltirilgen dizimde Dirak ayırıqsha orında turadı. 30 jasqa shıqqanda onın' dan'qı Jer ju'zine jayıldı. O'zinin' ilimiy baslamashılarının' (predshestvennikleninin') fizikalıq ideyalarına su'yenip ol tek Geyzenbergtin' kvant mexanikası menen SHredingerdin' tolqın mexanikasın biriktirip qoyatug'ın g'ana emes, al hesh kim oylamagan jan'a qubılıslardıń orın alatug'ınlig'ın ko'rsetiwshi matematikalıq apparattı do'retti. Bul og'ada tan' qalarlıq edi. Belgili bir tiykarlardın' ja'rdeminde ol ten'lemeler du'zdi, al bul ten'lemeler ilimge og'ada ko'p na'rselerdi berdi.

O'mirinen qısqasha u'zindiler:

1902-jıl 8-avgust ku'ni Angliyadag'ı Bristol qalasında tuwıldı. A'kesi orta mektepte ha'm texnikalıq kolledjde frantsuz tili mug'allimi bolıp isledi. Dirak usı mektepte oqıdı. Bul da'wirde ol salıstırmalıq teoriyası menen tanısadı (okıtıwshısı Brod), matematikag'a kızıg'adı ha'm Kembridj universitetine kiriwge umtıladı. Biraq stipendiya ala almag'anlıqtan ol Bristol kalasına kaytıp keledi. Sonın' menen birge ol bul jerdegi matematika fakultetinde biypul lektsiyalar tın'lawg'a ruqsat aladı.

Onın' oqıtıwshıları ishinde Peter Frezer bar edi. Ol oqıwshıları ishinde matematikag'a ku'shli kızıg'ıw payda ete aldı, geometriyanın' (sonın' ishinde proektivlik geometriyanın') go'zzallıg'ın ayqın ko'rsetti.

1918-jılı Bristol qalasındag'ı universitetin' elektrotexnikalıq fakultetine oqıwg'a tu'sti. Bul universitet penen Dirak oqıg'an mektep bir binanın' ishinde orıalasqan edi. Universiteti ol 1921-jılı pitkeredi ha'm injenerlik qa'nige aldı. İnjenierlik praktika o'tken firmanı Dirak qızıqtırmadı. Al usınday sa'tsiz injenerdin' ko'p jıl o'tpey ullı ilimpazg'a aylanıwı ka'ramat sıpatında ko'rinedi. Biraq bul ka'ramattı an'sat tu'sindiriwge boladı. Balalıq shag'ındag'ı sharayatlar, Bristoldegi oqıw jılları Kembridjde juwmaqlandı. Baska jerlerde bolg'anda Diraktın' mu'mkinshilikleri tolıq ju'zege kelmes edi dep boljawg'a boladı.

Universiteti pitkergennen son' tek eki jıldan son' 1923-jılı Dirak u'lken emes stipendiya alıp Kembridjde aspiranturag'a (postgraduate) tu'sedi. Kembridj danıshpannıń tuwılıwındag'ı en' keyingi etap bolıp sanaladı. YArım jıldan keyin ol statistikalıq mexanika boyınsha o'zinin' eki maqalasın baspadan shıg'aradı. Bul jumıslar onın' basshısı bolg'an Ralf Govard Faulerdin' (Ralf Howard Fowler) ma'plerine sa'ykes keletug'ın edi.

1925-jılı ol Verner Geyzenbergtin' pionerlik jumısında usınılg'an jan'a kvant mexanikası menen tanısadı (Heisenberg W. Über die quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen // Ztschr.Phys. 1925. Bd.33. S. 879-893).

Al 1925-jılı bolsa onın' ataqlı relyativistlik tolqınlıq ten'lemesi bar jumısı jariq ko'redi. Ha'zirgi waqıtları bul ten'leme «Dirak ten'lemesi» dep ataladı (The fundamental equations of quantum mechanics (Fundamentalnye uravneniya kvantovoy mexaniki)// Proc.Roy.Soc. London. A. 1925. Vol.109. P. 642-653).

Bul maqala baspag'a Fauler ta'repinen 7-noyabr ku'ni usınılg'an, al 1-dekabr ku'ni jariq ko'rgen.

Gamilton usılına tiykarlang'an, Geyzenbergtin' kvant teoriyası menen SHredingerdin' tolqın mexanikasın birlestiretug'ın bul jumıs kvant dinamikasına jol ashıp berdi!

Kembridjde XX a'sirdin' 20-jılları mına ilimpazlar isledi: Ernst Rezerford – yadro fizikasının' patriarxı, oylap tapqısh P.L.Kapitsa, astrofizikler A.Eddington menen A.Miln,

matematikalıq fizikanın' virtuozlardı SH.Darvin, R.Fauler ha'm D.Xardi. Kembridjde islewshiler du'nyadag'ı barlıq laboratoriyalarda nelerdin' islenip atırǵandıǵın tolıq bilip otırdı.

Evropa menen AQSH tag'ı fiziklerdin' derlik barlıǵı o'zleri alg'an na'tiyjelerdi so'ylep beriw ushın Kembridje kelip turdı. Usılardıń barlıǵı da Dirak ushın kerek edi.

1925-jılı 28-iiul ku'ni Kembridje Verner Geyzenberg keldi. Bul jerdegi «Kapitsa klubında» ol «Zeeman-effektindegi anomaliyalar» bayanatın jasadı. Bul bayanatta ol atomnıń jan'a dinamikalıq teoriyasının' za'ru'r ekenligin atap o'tti.

Fauler menen gu'rrin'lesiw barısında Geyzenberg o'zinin' jan'a na'tiyjeleri haqqında da ayttı ha'm ol 1925-jıldın' avgustının' ortasında Faulerge poshta arkalı jiberdi. Fauler bolsa bul jumıstı tallaw ushın Dirakqa tapsırdı.

Dirak boyınsha o'zgeriwshilerdin' kommutativ emesligi Geyzenbergtin' ideyalarındag'ı en' ullı triumf bolıp tabıladı (al Geyzenbergtin' o'zi bunı teoriyanın' qıyınshılıǵı dep esapladı). Geyzenberg o'zinin' maqalasında bılay jazdı: «Klassikalıq fizikada $u(t) \cdot x(t)$ ko'beymesi barlıq waqıtta $x(t) \cdot u(t)$ ko'beymesine ten', al kvant teoriyasında bolsa ulıwma jag'dayda bul orın almaydı». Keyinirek Dirak o'zinin' lektiyyasında «Kommutativliktin' joqlıǵı Geyzenberg teoriyasının' en' tiykarg'ı xarakteristikası sıpatında ko'rdim. Sonlıqtan men o'zimmın' dıqqatımdı kommutativlik emes ideyasına ha'm usı ideyanı paydalanıw ushın a'dettegi dinamikanı qalay o'zgertiw kerek degen ma'selege awdardım» dep ayttı.

Geyzenbergtin' bayanlamasında jan'a usıl sheklerge iye sıyaqlı bolıp ko'rindi. Geyzenbergtin' birinshi teoriyası bir o'lsheimli angarmonikalıq ostsillyatorǵa tiyisli edi. Kelesi tiykarg'ı ma'sele bolǵan vodorod atomnıń qa'ddilerin esaplaw ushın Pauli arnawlı usıldı oylap taptı. Tek SHredingerdin' jumıslarında (bul jumıslar 1926-jılı jarıq ko'rdi) ıqıyarlı tu'rde alıǵan potentsialda qozǵalıwshı bo'lekshe haqqındag'ı ma'seleni kalay sheshiwidin' mu'mkin ekenligi tu'sindirildi.

Solay etip Dirak o'z aldına Geyzenberg teoriyasın haqıyqıy dinamikalıq teoriyag'a aylandırıw wazıypasın qoydı.

Geyzenberg teoriyasına a'dettegidey emes koordinatalar ha'm impulsler kirdi. Bul shamalar sanlar emes, al ersilew ko'rinetug'ın shamlar edi. Keyinirek bul koordinatalar menen impulslerdi M.Born matrıtıslar sıpatında identifikatsiyaladı. Olar M.Born ha'm P.İordan ta'repinen birinshi ret jazılǵan mınaday sha'rtke bag'ındı:

$$pq - qp = -ih/2\pi.$$

Klassikalıq fizikada bunday an'latpag'a usag'an an'latpa bolǵan joq edi.

Bul ma'seleni sheshiw ideyası Dirakqa 1925-jılı sentyabr ayında keldi. Dirak Puasson qawsırmaların eske tu'sirdi ha'm bul haqqında keyinirek «Men Uittekerdin' analitikalıq dinamikasında Puasson qawsırmaların ko'rip, mag'an kerek na'rsenin' usı ekenligin taptım» dep jazdı. Bul qawsırma kommutatorǵa ju'da uqsas edi. Puasson qawsırması ushın da'l formula mınaday tu'rge iye:

$$[u, v] = \sum_r \left(\frac{\partial u}{\partial q_r} \frac{\partial v}{\partial p_r} - \frac{\partial u}{\partial p_r} \frac{\partial v}{\partial q_r} \right).$$

q menen p shamaları dinamikalıq sistemanı ta'riplew ushın Gamilton o'zgeriwshilerinin' jıynag'ın quraydı, al summa barlıq erkinlik da'rejesi boyınsha islenedi. Kvant mexanikasında bolsa Puasson qawsırmaları bılayınsha jazıladı:

$$\frac{ih}{2\pi} \sum_r \left(\frac{\partial u}{\partial q_r} \frac{\partial v}{\partial p_r} - \frac{\partial u}{\partial p_r} \frac{\partial v}{\partial q_r} \right).$$

Diraktın' «Kvant mexanikasının' tiykarg'ı ten'lemeleri» dep atalatug'ın maqalası Fauler ta'repinen 1925-jılı 7-noyabr ku'ni «Korol ja'miyetinin' xabarları» («İzvestiya Korolevskogo obıestva») jurnalına usınıldı ha'm bir ayg'a barmay, sol jılı 1-dekabr ku'ni jarıq ko'rdi.

Sol waqıtlardag'ı ha'r qıylı qalalarda jasag'an fiziklerdin' jemisli jumıs islewi ushın olardin' tıg'ız birge isleskenligin, poshta xızmetinin' tez ha'reket etkenligin ha'm jurnallarda maqalalardin' tez waqıtlar ishinde basıp shıg'arılǵ'anlıǵ'ın atap o'temiz. Bul sol da'wirlerdegi fiziklerdin' effektivli tu'rde jumıs islewiniń en' a'hmiyetli ha'm za'ru'rli bolǵ'an sha'rti bolıp tabıladı.

Diraktın' bul jumısı tek g'ana Geyzenbergin' ten'lemelerin ulıwmalastırıw bolıp qalmaq, XIX a'sirde klassikalıq mexanikadag'ı Gamilton ta'repinen rawajlandırılǵ'an usıldın' ulıwmalıq xarakterge iye ekenligin de ko'rsetti.

Solay etip Diraktın' jen'il qolınan kvant mexanikasının' Gamiltonlıq forması ba'rshe ta'repinen qabil etilgen formag'a aylandı.

1928-jılı Dirak elektron ushın relyativistlik ten'lemenı keltirip shıǵ'ardı. Bul ten'leme elektronda spinnin' barekenligi haqqındag'ı juwmaqqı alıp keldi ha'm vodorod atomlarının' energiya qa'ddilerinin' juqa qurılısı ushın da'l ma'nis berdi. Biraq Dirak teoriyasında «plus-minus qıyınshılıǵ'ı» dep atalatug'ın jag'ımsız jag'day da bar edi. Salıstırmalıq teoriyasında energiya ushın

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2$$

formulası orın aladı. Bunnan

$$E = \pm \sqrt{m^2c^4 + p^2c^2}$$

ekenligine iye bolamız.

A'dette minus belgisi fizikalıq ma'niske iye emes dep esaplanıp alınıp taslanadı. On' belgige iye energiya oblastı menen teris belgige iye energiya oblastı arasındag'ı qashıqlıq shekli $mc^2 - (-mc^2) = 2mc^2$ ma'nisine iye. Klassikalıq fizikada energiyanın' ma'nisleri u'zlıksız o'zgeretug'ın bolǵ'anlıqtan energiyanın' teris ma'nisleri taslap ketiledi. Al kvant teoriyasında bolsa teris ma'nisli energiyadan on' ma'nisli energiyag'a o'tiw mu'mkin. Sonlıqtan bul jag'dayda teris ma'nisli energiyanı itibarg'a almay ketiwge bolmaydı.

Usı jag'daydan shıǵ'ıw maqsetinde Dirak ersi bolıp ko'rinetug'ın ideyanı usındı. Onın' boljamı boyınsha A'lemdegi barlıq elektronlar Pauli printsipine sa'ykes teris ma'nisli qa'ddilerdi toltıradı ha'm olar baqlanbaytug'ın fondı payda etedi. Tek on' ma'nisli energiyag'a iye elektronlardı baqlaw mu'mkin. Dirak «elektronlar pu'tkil du'nya boyınsha ha'r bir noqatta u'lken tıg'ızlıq penen tarqalǵ'an. Pu'tkilley bos boslıq teris energiyag'a iye hallar iyelengen oblast bolıp tabıladı... Teris energiyalı iyelenbegen (toltırılmaq'an) hallar on' energiyalı bazı bir hallar bolıp tabıladı, sebebi bunday haldı elektron menen toltırıw ushın teris energiyalı bir elektronnıń jog'alıwı kerek. Bizler teris energiyag'a iye iyelenbegen hallardı protonlar dep boljaymız».

Diraktın' bul teoriyasına onsha isenim bolmadı, sebebi bul teoriya «protonlar menen elektronlarg'a qarata ju'da simmetriyalı» edi.

Biraq proton elektronnan zaryadı menen emes, al massası menen de ayrıladı¹⁴⁶. Pozitronnıń ashılıwı Diraktın' teoriyasına qaytadan dıqqat awdardı¹⁴⁷. Demek teris ma'nisli iyelenbegen qa'ddige on' energiyalı elektron o'tse, onda energiyası $2mc^2$ bolǵ'an gamma-kvant nurlanadı degen so'z. F.Jolio-Kiuridin' aytıwı boyınsha «Eger on' energiyag'a iye elektron erkin yamasa a'zzi baylanısqa teris energiyalı elektron menen soqlıǵ'ıssa, onda olar qarama-karsı bag'ıtlarg'a qaray ushıp ketetug'ın eki fotondı payda etedi. Ha'r bir fotonnıń energiyası $0,5 \cdot 10^6$ eV tı kuraydı, al bul energiyalardıń qosındısı 10^6 eV eki elektronnıń massaların' annigilyatsiyasına ten'».

Keri protsess bolǵ'an fotonlardın' «materiyalasıwı» da orın aladı. Jetkilikli da'rejede energiyası bar foton awır yadro menen soqlıǵ'ıssa on' energiyalı elektronlardın' do'retiliwi

¹⁴⁶ 2008-jıldag'ı mag'lıwmatlar boyınsha protonnıń massasınıń elektronnıń massasına qatnası 1836,15267247(80) shamasına ten'. Qaran'ız: S.G.Karshenboym. Novie rekomendovannie znasheniya fundamentalnıx fizicheskix postoyannıx (CODATA 2006). Uspehi fizicheskix nauk. **178** 1058 (2008).

¹⁴⁷ SHın ma'nisinde bul teoriya protonnıń bar ekenligin emes, al pozitronnıń bar ekenligin ko'rsetken edi.

mu'mkin. YAdro menen ta'sirlesken foton zaryadlarının' belgileri qarama-qarsı bolg'an eki elektrondı payda etedi (basqa so'z benen aytqanda teris zaryadlı a'dettegi elektron menen on' zaryadlı a'dettegi pozitrondı payda etedi).

Diraktın' kvantlıq so'zligi:

Ket-vektorlar, belgileniwi $|\rangle$. Mısalı $|A\rangle$.

Bra-vektorlar, belgileniwi $\langle|$. Mısalı $\langle A|$.

δ -funktsiya.

Kommutatsiya.

s-san, q-san.

Fermionlar ha'm bozonlar.

22-§. Matvey Petrovish Bronshteyn

Biz to'mende u'zindiler beretug'in 1930-jılı «Relyativistlik kosmologiyannın' ha'zirgi jag'dayı» («Sovremennoe sostoyanie relyativistskoy kosmologii») maqalasın «Uspexi fizicheskix nauk» jurnalı ushın jazg'an Matvey Petrovish Bronshteyn 24 jasta g'ana edi¹⁴⁸. Ol uzaq jasay almadı. Repressiyanın' aqıbetinde ullı ilimpaz 1938-jılı 32 jasında qaytı boldı. Biz da'slep onın' o'miri haqqında qısqaşa mag'lıwmatlar beremiz¹⁴⁹.

1906-jılı 2-dekabr ku'ni Vinnitsa qalasında shıpkar shan'arag'ında tuwılg'an. Onın' balalıq da'wiri birinshi jer ju'zilik, revoliutsiya ha'm garjdanlıq urıs da'wirlerine tuwrı keldi. Na'tiyjede ol mektepte derlik oqıy alg'an joq ha'm mektep programması boyınsha bilimdi o'z betinshe aldı. Bronshteynnin' rentgen nurlarının' spektrine bag'ishlang'an birinshi ilimiy jumısı 1925-jılı 19 jasında elektromexanikalıq texnikum oqıwshısı da'wirinde sol waqıtları Jer ju'zine belgili bolg'an Germaniyadag'ı ilimiy jurnalda jariq ko'rdi [Zur Theorie des kontinuierlichen Röntgenspektrums // ZP. 1925. Bd. 32. S. 881-885.]. Usı 1925-jılı M.P.Bronshteynnin' u'sh, al 1926-jılı da u'sh maqalası jariq ko'rdi [mısalı Bemerkung zur Quantentheorie des Laue-Effektes // Ibid.S. 886-893; Über die Bewegung eines Elektrons in Felde eines festen Zentrums mit Berücksichtigung der Massenveränderung bei der Ausstrahlung // ZP. 1926. Bd 35. S. 234, 863; Bd. 39. S. 901; Zur Theorie der Feinstruktur des Spektrallinien // ZP. 1926. Bd. 37. S. 217-224].

1929-jılı juldızlardın' atmosferasına bag'ishlang'an astrofizika boyınsha bir qatar ilimiy jumıslardı orınladı.

1930-jılı Leningrad universitetin tamamlag'annan keyin Leningrad fizika-texnikalıq institutta islegen (ha'zirgi waqıtlardag'ı A.F.İoffe atındag'ı fizika-texnikalıq institut). Leningrad politexnikalıq institutı menen Leningrad ma'mleketlik universitetinin' professorı boldı. 1935-jılı 29 jasında «Gravitatsiyalıq maydandı kvantlaw» temasında dissertatsiya jaqlap, fizika-matematika ilimlerinin' doktorı ilimiy da'rejesin alg'an. O'zinin' dissertatsiyasında ol birinshi ret, qala berse izbe-iz, jetkilikli da'rejede kvant mexanikasının' usılların sa'ykes o'zgertiwi ha'm ulıwmalastırıw jolı menen tartılıs maydanın kvantladı.

1932-jılı yarım o'tkizgishler teoriyası boyınsha jumısların baspadan shıg'ardı. 1935–1936 jılları a'zzi magnit maydanının' kvant teoriyasın islep shıqtı. 1937-jılı Bronshteyn «Fotonlardın' spontan tu'rde bo'leklerge bo'liniwi» atlı jumısın baspadan shıg'ardı. Bul jumista fotonlardın' bo'leklerge bo'liniwinin' mu'mkin emes ekenligi da'lillendi ha'm A'lemnin' ken'eyiwi tiykarlandı. Sonın' menen birge bul jumıs elementar bo'leksheler fizikası menen kosmologiya arasındag'ı tıg'ız baylanıstı ko'rsetiwshi birinshi haqıyqıy na'tiyje edi. Usınday baylanıs

¹⁴⁸ Bul maqalanın' qaraqalpaq tilindegi awdarmasın www.abdikamalov.narod.ru web betinen alıw'a boladı.

¹⁴⁹ M.P.Bronshteynnin' o'miri ha'm ilimiy jumısları haqqında tolıq tu'rde oqıw ushın G.E.Gorelik penen V.YA.Frenkeldin' «Matvey Petrovish Bronshteyn: 1906-1938» kitabın usınamız. Moskva. «Nauka» baspası. 1990-jıl. 272 bet.

tiykarında kosmologiyalıq baqlawlardan elementar bo'lekshelerdin' qa'siyetleri aniqlanadı, al kosmologiyalıq modeller elementar bo'leksheler teoriyası tiykarında du'ziledi.

M.P.Bronshteyn «Don-Kixottı» ispan tilinde, al ayırım fizikalıq maqalalardı yapon tilinde oqıy alg'an. A'yyemgi Rimlik shayır Katuldın' latin tilinde jazılğ'an ha'm Ukraina shayrlarının' shıg'armaların rus tiline awdarg'an.

M.P.Bronshteyn tiykarsız repressiyag'a ushirag'an ha'm 1937-jılı 6-avgust ku'ni Kiev qalasında gezektegi miynet dem alısı waqıtında a'ke-sheshesinin' u'yinde qamaqqa alıng'an. SSSR Joqarg'ı sudının' A'skeriy kollegiyası ta'repinen o'lim jazasına hu'kim etilgen ha'm 1938-jılı 18-fevral ku'ni atılğ'an. 1957-jılı 9-may ku'ni SSSR Joqarg'ı sudının' A'skeriy kollegiyası ta'repinen aqlang'an.

Ko'pshilikke arnalğ'an bir qatar ilimiy kitaplardın' avtorı. Solardın' ishinde rus tilinde jariq ko'rgenleri mınalar:

Solneshnoe veshchestvo. Moskva, 1936-jıl (geliydin' ashılıwı haqqında). Ekinshi ret Moskvada 1957-jılı, u'shinshi ret Moskvada 1990-jılı basıldı. 164 bet (u'shinshi basılıwına onın' «Lushi iks» ha'm «İzobretateli radiotelegrafa» kitapları da kirgizilgen).

Atomı, elektroni, yadra. Moskva. 1936-jıl. Elementar bo'leksheler haqqındag'ı bul kitap 1980-jılı Moskvada qaytadan basılıp shıqtı (152 bet).

Lushi iks. Moskva-Leningrad, 1937-jıl (rentgen nurlarının' ashılıwı haqqında).

Joqarıda atap o'tilgenindey bizz M.P.Bronshteynnin' maqalasının' kirisiw bo'limin beremiz. Bul bo'limde relyativistlik kosmologiyanın' 1930-jılğ'a shekemgi jag'dayları tolıq bayanlang'an:

«1-§. KIRISIW

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' en' zor na'tiyjelerinin' biri kosmologiyalıq problemag'a, yag'nıy tutası menen alıng'an du'nya problemasına jan'a qatnas jasawg'a mu'mkinshilik beriwi bolıp tabıladı. A'yyemgi adamlar A'lemdi¹⁵⁰ jer sharının' do'geresinde aylanıwshı jeti jaqtırtqıstın' jıynag'ı sıpatında ko'z aldına elesletti; bul kurılıstın' barlıg'ı ishki ta'repten juldızlar toparlarının' nurlı ieroglifleri menen bezelgen hesh na'rseni o'tkermeytug'ın xrustal sferanın' ishinde jaylasqan. Biraq astronomiya Klavdiy Ptolemeydin' «matematikalıq sintaksisinde» keltirilgen ta'limattan qutılğ'annan baslap A'lem xaqqındag'ı ko'z-qaraslar pu'tkilley o'zgerdi; Galiley o'zinin' teleskopın birinshi ret qozg'almaytug'ın juldızlardın' sırlı du'nyasına qaratqannan baslap xrustal sfera qıyratıldı ha'm Qus jolının' jumbag'ı sheshildi. Astronomg'a A'lem galaktikalıq sistema, yag'nıy bizin' Quyashımızg'a usag'an bizden Quyashqa salıstırg'anda og'ada u'lken qashıqlıqlarg'a uziqlasqan juldızlardın' og'ada ko'p sanlı jıynag'ı tu'rinde ko'rindi. Usı og'ada u'lken qashıqlıqlardı o'lshew de mu'mkin bolıp shıqtı. 1838-jılı astronomlar Struve, Bessel ha'm Gendersonler bir birine baylanıssız bizge salıstırmalı jaqın jaylasqan u'sh juldızg'a shekemgi aralıqlardı o'lshey aldı (Liranın' α sı, Kentavrdın' α sı ha'm Aqquw) ha'm astronom Djon Gersheldin' tili menen aytqanda «astronomiya qa'ha'rlenip o'te almay turg'an diywaldı bir waqıtta u'sh jerde qıyrattı». Ha'zirgi waqıtları astronomlar bizin' Quyashımız quramına kiretug'ın galaktikalıq sistemanı ko'lemi boyınsha ten' o'lshewli emes tarqalg'an bir neshe onlag'an milliard juldızdan turatug'ın juldızlardın' jıynag'ı dep esaplaydı. Bul sistema sozilğ'an sferoidtın' formasına iye bolıp, onın' u'lken diametri bir neshe onlag'an

¹⁵⁰ Ayqın tu'rde bizin' a'lemimiz haqqında ayılğ'anda «A'lem» so'zi u'lken ha'rip penen, al ju'zege keletug'ın a'lmeler haqqında ga'p etilgende kishi ha'rip penen jazıladı (B.A.).

min' parsekke ten' (parsek juldızlar astronomiyasında qollanılatur'ın uzınlıqtın' birligi bolıp, onın' shaması $3,08 \cdot 10^{18}$ sm ge ten'). Biraq ha'zirgi waqıtlardag'ı astronomnın' a'lemi tek bir galaktikalıq sistema menen sheklenip qoymaydı: bizin' galaktikalıq sistemamız benen bir qatarda bizin' teleskoplarımızdın' ja'rdeminde ko'pshilik jag'daylarda durıs formag'a iye (ko'pshilik jag'daylarda spiral ta'rizli formag'a iye, biraq ayırım jag'daylarda do'n'gelek, ellips ta'rizli, sonın' menen birge durıs emes formalarg'a da iye dumanlıqlar) a'zzi tu'rde jaqtılıq shıg'aratug'ın dumanlıq tu'rinde ko'rinetug'ın onlag'an milliard juldızlardan turatug'ın og'ada ko'p sanlı «ataw a'lem» de bar. Olardın' ayırımlarına shekemgi qashılıqlar Xabbl, Lundmark ha'm SHepli ta'repinen o'lishendi. Olar mınaday bolg'an qolaylı jag'daydan paydalandı: ha'zirgi waqıtlardag'ı ku'shli astronomiyalıq qurallar bizge jaqın «ataw a'lem» lerdegi jarıq ayırım juldızlardı ko'riwge mu'mkinshilik beredi; usınday juldızlardın' ishinde Cephei din' δ sı sıyaqlı o'zgermeli juldızlar bar bolıp (olardı tsefeidler dep ataymız), olar ushın olardıń absoliut jaqtılıg'ı menen (bunday juldızlardan 10 parsek standart aralıqqa qashılıqta turg'an baqlawshının' ko'z-karası boyınsha tap usınday jaqtılıqqa iye bolg'an bolar edi) onın' jaqtılıg'ının' o'zgerisi da'wiri arasında qatnas orın aladı; bul qatnastı «ataw a'lem» lerdegi aşılg'an tsefeidlerge qollanıw usı tsefeidlerdin' absoliut jaqtılıg'ın anıqlawg'a mu'mkinshilik beredi. Al olardı baqlanatug'ın jaqtılıg'ı menen salıstırıw bul juldızlarga shekemgi qashılıqtı, yag'nıy olar kiriwshi juldızlar toparlarına shekemgi aralıqlardı anıqlawg'a imkaniyat tuwg'ızadı. Usınday jollar menen Xabbl Andromeda juldızlar toparındag'ı N.G.C. 224 u'iken dumanlılıg'ına shekemgi qashılıqtı anıqladı ha'm ol qashılıq 285 min' parsekke ten' bolıp shıqtı¹⁵¹. Al U'sh mu'yeshlik juldızlar toparındag'ı N.G.C. 598 dumanlıg'ına shekemgi aralıq 263 min' parsekke ten' eken. Bizin' galaktikamızdın' diametri Sirs boyınsha 90 min' parsekten u'iken emes bolg'anlıqtan bul ob'ektlerdin' bizin' sistemamız bolg'an Qus jolı sheklerin tısta jaylasqan juldızlardın' jıynag'ı ekenligi kelip shıg'adı (yag'nıy biziki sıyaqlı «atawlıq a'lem» ekenligi tu'sinikli boladı). Qısqa ushın biz bunnan bılay usınday «atawlıq a'lem» di galaktikalar dep ataymız.

N.G.C. 598 ha'm N.G.C. 224 degi sıyaqlı qashılıqlardı anıqlag'anday barlıq qashılıqlar joqarıdag'ıday bolıp tikkeley o'lishenbeydi; ko'pshilik jag'daylarda bunday ob'ektlerdin' ko'rinerlik diametrler menen baqlanıwshi jaqtılıqlarına tiykarlang'an janapay usıllardan paydalanadı. Ha'zirgi waqıtlardag'ı en' quwatlı astronomiyalıq qurallardın' biri Quyash observatoriyasının' ju'z diuymlıq reflektori bolıp tabıladı (Tu'slik Kaliforniya, Vilson tawı) ha'm bul teleskop ja'rdeminde ko'rinetug'ın 18-juldız shamasındag'ı spirallıq dumanlıqtan bizge shekemgi aralıq $1,5 \cdot 10^{26}$ sm di quraydı. Djinstin' so'zleri menen aytqanda bul a'meliy astronomiyada jumıs alıp barılatur'ın ullı qashılıq bolıp tabıladı. Xabblın' shamalawı boyınsha diametri usınday shamag'a ten' bolg'an shardın' ishine shama menen eki million galaktika jaylasadı. Bunday jag'dayda astronomiyalıq qashılıqlardı o'lshew ushın ha'tte $3,08 \cdot 10^{18}$ sm ge ten' parsek uzınlıqtın' ju'da' kishi birligi bolıp qaladı. Usınday ma'selelerdi sheshkende de-Sitter ta'repinen usınılg'an 10^{24} sm ge ten' A birligin qollang'an qolaylı (1 A g'a ten' uzınlıqtı jaqtılıq tolqınları 1 million jıl da o'tedi). Solay etip Xabblın' bahalawı boyınsha ko'lemi 2 million kub A g'a ten' sferada eki million galaktika jaylasqan boladı. Basqa so'z benen aytqanda ataw a'lem ken'islikte shama menen 1 A³ ko'lemde bir galaktika jaylasatug'ınday bolıp tarqalg'an.

Ha'zirgi waqıtlardag'ı astronomlarga ko'rinetug'ın a'lem tap usınday: ha'r qaysısı bir neshe onlag'an milliard juldızlardan turatug'ın juldızlar jıynaqları orın alıp, olar bir birinen og'ada u'iken bos ken'islik penen ayrılğ'an (qon'silas galaktikalıq sistemalar arasındag'ı ortasha qashılıq 1 A nın' a'tirapında). En' quwatlı astronomiyalıq kurallar menen qurallang'an baqlawshılar a'lem haqqında usı ayılğ'anlardı ayta aladı.

¹⁵¹ N.G.C. 224 jazıwı «Dreyer's New General Catalogue (1888)» kataloginde 224-san menen belgilengen ekenligin bildiredi.

Biraq olar radiusı 150 A bolg'an sferanın' sheklerinin' arg'ı ta'repinde nelerdin' bar ekenligin ayta almaydı. Ta'biyattın' do'retiwshilik fantaziyası galaktikalardı bir kub A ko'lemde bir galaktikadan jaylasatug'ınlay etip jaylastırg'an ba yamasa olardıń tıg'ızlıg'ı bizin' Qus jolı da kiretug'ın galaktikalardıń toparının' bazı bir orayınan qashıqlag'an sayın kemeyip bara ma degen sorawg'a ha'zirgi astronomlar juwap bere almaydı. Ha'tte astronomiyalıq a'sbaplardıń «uzaqtan ko're alg'ıshlıg'ı» ko'p ese u'lkeygende de astronom tek baqlay alatug'ın sferasının' ishindegı aspan denelerinin' qalayınsha tarqalg'anlıg'ın g'ana ayta aladı. Astronom bul sferanın' sırtındag'ı ken'islikte nelerdin' bar ekenligin ayta almaydı, solay etip ol tutası menen alıng'an du'nya haqqında hesh na'rse bile almaydı. Sonlıqtan kosmologiyalıq problema emperikalıq ilim ta'repinen sheshilmeytug'ın, jen'ip alıw mu'mkin emes qorg'anday bolıp ko'rinedi¹⁵².

Biraq astronom-baqlawshı problemanı sheshiwde o'zinin' ku'shsizligine ko'zin jetkergende sheshiliwine u'mit joq bolg'an problemanı sheshiwge fizik aralasadı.

Fizik a'lemde ulıwmalıq ha'm joqarı ko'z-qarasta qaraydı: bunday ko'z-qaras boyınsha atomlardan turatug'ın denelerde materiyanın' atomlıq qurılısı u'zliksiz bir tekli ortalıq dep almasıratug'ın (mısalı gidrodinamikada suyuqlıqlar tıg'ızlıg'ı bir noqattan ekinshi noqatka karay o'zgeretug'ın ortalıq dep qaraladı) bir qatar pa'nlerdegedey sıyaqlı galaktikalıq sistemalardıń o'zleri tosınnan bolatug'ın bir teksizlik (bir tekliklik emes) dep qaraladı. Tap sol sıyaqlı relyativist atom ornın galaktikalıq sistemalar iyeleytug'ın du'nyanın' atomlıq qurılısına itibar bermeydi ha'm zatlar a'lemde bazı bir ten' o'lshewli ortasha tıg'ızlıq penen tarqalg'an dep esaplaydı. Eger Vilson tawındag'ı ju'z diuymlıq reflektorda baqlanatug'ın galaktikalardıń bir tekli tarqalıwı haqıyqatında da durıs bolsa ha'm usınday tarqalıw a'lemnin' basqa da bo'limlerinde orın alatug'ın bolsa, onda bul ortasha tıg'ızlıq shekli ma'niske iye boladı (Oorttıń tastıyıqlawı boyınsha galaktikanın' massası Quyashtın' massasınan 10^{11} ese u'lken) ha'm bunnan izlenip atırg'an A'lemdegi zatlardın' ortasha tıg'ızlıg'ı bir A^3 ko'lemde 10^{11} €, yag'mıy $2 \cdot 10^{-28}$ g/sm³ tı quraydı¹⁵³.

Tıg'ızlıqtın' usınday kishi shamasına tan' qalıwg'a boladı, bunday tıg'ızlıqqa shama menen 10 kub ditsimetrge bir vodorod atomının' massası sa'ykes keledi! Bul galaktikalıq sistemalardıń o'lshemlerine salıstırg'anda olar arasındag'ı qashıqlıqlardıń qanshama u'lken ekenliginen mag'lıwmat beredi). Biraq eger ha'zirgi waqıtlardag'ı astronomlarg'a ko'rinetug'ın ken'isliktegi galaktikalardıń tarqalıwı a'lemnin' basqa bo'limlerindeki galaktikalardıń tarqalıwı menen hesh qanday ulıwmalıq baylanısqa iye bolmasa ha'm eger bizge atawlıq a'lemler ayrıqsha ko'p bolg'an ken'isliktegi orında jasaw baxtı mu'na'sip bolg'an bolsa, onda zatlardın' ken'isliktegi ortasha tıg'ızlıg'ı ju'da' kishi bolg'an $2 \cdot 10^{-28}$ g/sm³ shamasınan da kishi bolıw, sonday-aq nolge ju'da' jaqın bolıwı da mu'mkin (ortasha tıg'ızlıq sheksiz ken'islik shekli sandag'ı juldızg'a, ulıwma aytqanda shekli massag'a iye bolg'anda nolge ten' boladı). Relyativist penen birlikte bastı shır aylandıratug'ın a'lemdegi zatlardın' tarqalıwı ten' o'lsheimli bolıp ko'rinetug'ın usı biyiklikke ko'teriliw ushın ha'm galaktikalar arasındag'ı qashıqlıqlardı zatlardın' u'zliksiz tarqalıwı haqqındag'ı ko'z-qaraslar menen tiykarlang'an «fenomenologiyalıq» teoriyalardag'ı atomlar arasındag'ı qashıqlıqlarday etip tu'sindiriletug'ın bolsa, onda a'dettegi relyativistlik matematika, atap aytqanda Riman geometriyası menen qurallanıw kerek. Qolının' astında sa'ykes kurslar bolmag'an oqıwshı ushın biz kelesi paragraftı beremiz. Bul jerde bizge za'ru'rlı bolg'an barlıq formulalardı keltiremez.»

23-§. ATOM YADROSI FİZİKASININ' QA'LİPLESİWİ

¹⁵² Ta'jiriybeler na'tijyelerine su'yenetug'ın ilim ma'nisinde (B.A.).

¹⁵³ € arqalı Quyashtın' massası belgilengen.

Radioaktivlikti izertlewдин' tiykarg'ı na'tiyjeleri

1913-jılı radioaktivlik qubılısların izertlew menen u'sh jerde shug'ıllandı: Parijde Mariya Kiuridin' basshılıg'ında, Manshesterde (Angliya) E.Rezerforddin' basshılıg'ında ha'm Vena qalasında S.Meyer, G.Petterson ha'm G.Kirshtın' basshılıg'ında. En' a'hmiyetlirek na'tiyjeler E.Rezerforddin' laboratoriyasında alındı. Bul laboratoriyada radioaktivli zatların' qa'siyetlerin paydalanıp zatların' qurılısın teren' u'yreniw ma'selesı qoyıldı. Atomların' yadrolıq qurılısı menen elementlerdin' izotopların' ashılıwı bul laboratorianın' en' a'hmiyetli na'tiyjelerinen bolıp tabıladı.

Radioaktivlik haqqındag'ı ta'limattın' rawajlanıwındag'ı jan'a basqış baslandı. Bunnan aldın'g'ı izertlewer birinshiden radioaktivliktin' atomların' o'zi-o'zinen ıdrawı ekenligin, ekinshiden bul spontan protsesstin' atomnıń yadrosında lokalizatsiyalang'anlıg'ı, al yadronın' atomnıń oraylıq, ju'da' kishi ha'm salmaqlı bo'legi ekenligi ma'lim boldı. Usının' menen birge ha'r bir ximiyalıq elementke ha'r qıylılıqtın' bazı bir sanının' sa'ykes keletug'ınlıg'ı anıqlandı. İzertlewerdin' jan'a etapı «nurlandırw qa'biletligin» in' ulıwmalıq xarakterin u'yreniwden turg'an joq, al fizikanın' jan'a bo'limi bolg'an atom yadrosı fizikasının' baslang'anlıg'ın bildirdi.

Turaqlı elementlerdin' yadrolarının' jasalma tu'rde aylanısları

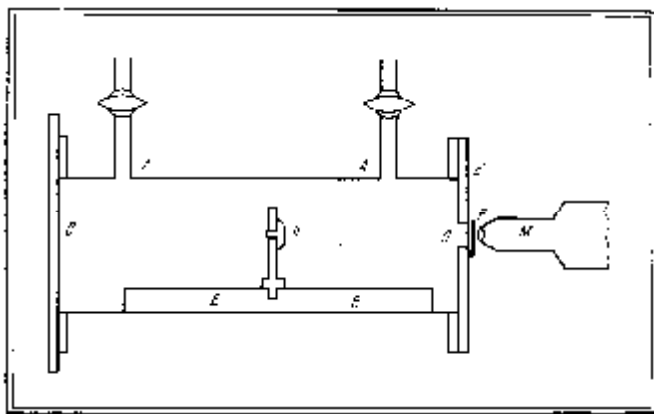
1914-jılı alfa bo'lekshelerdin' gaz ta'rizli vodorod arqalı o'tiwin izertlew barısında Rezerfordtın' qarawında islewshi ilimiy xızmetker E.Marsden alfa bo'lekshelerinin' erkin ju'riw jolınan alıslaw jaylastırılğ'an ku'kirtli tsinkten islengen ekrandag'ı a'zzi jıltıdap jaqtılıqtın' shıg'atug'ınlıg'ın (jaqtılıqtın' stsintillyatsiyası) baqladı. Alfa bo'lekshelerinin' vodorod atomnıń yadrosındag'ı oraylıq soqqı ushın islengen esaplawlar yadronın' alfa bo'lekshelerine salıstırğ'anda 1,6 ese u'iken tezlik alatug'ınlıg'ın ko'rsetti. Haqıyqatında da protonların' ta'jiriybede baqlang'an erkin ju'riw jolı 10 metrden de uzın edi (bul shama N.Bor ta'repinen 1913-jılı usınılg'an alfa bo'lekshelerinin' zatlarda jutılıw teoriyası tiykarında SH.Darvin ta'repinen orınlang'an esaplawların' na'tiyjelerine tolıq sa'ykes keldi). Bul ta'jiriybelerde alfa bo'lekshelerdin' deregi sıpatında juqa shiyshe naydag'ı radiy emonatsiyası¹⁵⁴ paydalanıldı. Bunnan keyin Marsden stsintillyatsiyanın' eksperimentallıq du'ziliste vodorod bolmag'an jag'dayda da, alfa deregi jaylasqan naydın' materialnan g'a'rezsiz baqlanatug'ınlıg'ın ko'rsetti. Solay etip radioaktivli radon Rn nin' o'zinin' protonlardı shıg'aratug'ınlıg'ı ma'lim boldı.

Rezerford da'rha'l bul ma'seleni tekserip ko'riwge kiristi. Biraq onın' aytıwı boyınsha «sol jılları eksperimentlerdi o'tkeriwde u'ziliske tu'siwler jiyi bolıp turdı, urıs penen baylanıslı bolg'an wazıypalar olardıń ko'p waqtın aldı, bir qansha waqıtlarda eksperimentlerdi o'tkeriw uzıq waqıtlarga keyinge qaldırıldı». Sonlıqtan Rezerford oylag'an ta'jiriybeler tek to'rt jıldan keyin g'ana o'tkerilip bolındı.

Rezerford o'zinin' to'mendegi so'zleri menen ju'da' ko'p miyneti talap etetug'ın ta'jiriybelerin ta'ripledi: «Bunday eksperimentlerdi o'tkeriw ushın eki baqlawshı kerek boladı: birinshisi nurlanıw deregin bir orınnan ekinshi orıng'a ko'shiriw ha'm ha'r qıylı du'zetiwler (regulirovkalar) ushın, al ekinshisi stsintillyatsiyalardı sanaw ushın za'ru'rli. Esaplawdı baslamastan burın baqlawshı ko'zlerin u'yretiw ha'm dem aldırıw ushın tolıq qaran'g'ı o'jirede yarım saat turıwı, al esaplawlar ju'rgizilgen waqıtta jaqtılıqtın' ju'da' a'zzi bolıwı kerek. Eksperimentler u'iken karan'g'ılatılğ'an o'jirede o'tkerildi, bul o'jirede kishkene qaran'g'ı kamera bar edi. Qanday da bir o'zgerisler kirgiziw ushın jaqtılıq berilgende baqlawshı usı kameranın' ishine barıp otıratug'ın edi. Stsintillyatsiyanı esaplaw ushın en' qolaylı waqt 1 minut boldı, bunnan keyin ja'ne bir minut dem alıs ushın berildi, waqıttı ha'm na'tiyjelerdi jazıwdı assistant orınladı. A'dette ko'zler bir saattan keyin sharshadı, bir saattan ko'birek waqt o'tkerilgen ta'jiriybelerde ko'zler a'bden sharshadı ha'm esaplaw na'tiyjeleri qa'te ha'm itibarg'a alıw ushın jaramsız bolıp shıqtı. Bunday ta'jiriybelerdi ku'nige bir saattan artıq

¹⁵⁴ Radon elementinin' birinshi atı.

o'tkermew kerek, sonın' menen birge ta'jiriybelerdi ha'ptesine bir neshe ret g'ana o'tkeriw kerek boladı». A'dette ha'r minutta 15-40 jiltıldı (stsintillyatsiya) esapqa alındı.



Radon dereginen shıqqan nurlanıwdın' ku'kirtli tsink ekranındag'ı stsintillyatsiyasın baqlaw ushın Rezerfordtın' paydalang'an eksperimentallıq du'zilisi.

Eksperimentallıq du'zilstin' sxeması su'wrette keltirilgen. Bul su'wrette *A* arqalı tuwrı mu'yeshli latunnan (jezden) islengen qutı, *D* arqalı radioaktiv zat penen kaplang'an disk, *S* arqalı shiyshe plastinka, *E* arqalı orayında tesigi bar mumlang'an latunnan islengen plastinka belgilengen. Bul plastinka ortasındag'ı tesik gu'mis, aliuminiy yamasa temir plastinka menen jabıl'g'an (olardın' alfa bo'lekshelerinin' hawag'a salıstırgandag'ı tormozlawshı qa'biletligi 4 ten 6 g'a shekem o'zgeredi). Ku'kirtli tsinkten islengen ekran *F* ıdıstan sırtta jaylasqan, *M* arqalı mikroskop belgilengen. Baqlawg'a kesent beretug'ın beta nurların shetke burıw ushın ıdısqıshlı elektromagnittin' poliustarı ortasına jaylastırıldı. Alfa nurlardıń deregi sıpatında RaC (^{214}Bi) qollanıldı.

Eksperimentlerdi o'tkeriw barısında en' da'slep vakuumde alfa nurlanıw dereginin' protonlardı da shıg'aratug'ınlıg'ı ma'lim boldı. Bul protonlardın' derektin' quramındag'ı vodorodtan shıg'atug'ınlıg'ı itimal. Eger yamıke kurg'aq kislorod yamasa SO_2 kirgizilse, onda stsintillyatsiya berilgen gazdın' tormozlawshı qa'biletligine sa'ykes shamag'a kemeyedi.

Rezerford bılay jazdı: «Ku'tilmegen effekt ıdısqıshlı qurg'aq hawa kirgizilgende baqlandı. Kemeyiwidin' ornına stsintillyatsiya sanı ko'beydi, qalın'lıg'ı 19 sm hawa ushın bul shama vakuum ushın aling'an shamadan eki ese u'lkne boldı». Ju'da' puqtalıq penen o'tkerilgen eksperimentlerde uziqqa ushı aratug'ın H-bo'lekshelerdin' (protonlardın') alfa bo'lekshelerinin' azot penen soqlıg'ısqanda payda bolatug'ınlıg'ı alıqlandı. «Eger jag'day haqıyqıtında da tap usınday bolatug'ın bolsa, onda biz tez ushıwshı alfa bo'leksheleri menen soqlıg'ısqanda u'lkne ku'shlerdin' ta'sirinde azottın' ıdıraytıg'ınlıg'ı ha'm usının' na'tiyjesinde bo'linip shıg'atug'ın vodorod atomının' azottın' quramlıq bo'limi ekenligi haqqında juwmaq shıg'aramız» dep jazdı Rezerford.

Bunnan burınraq alfa bo'lekshelerinin' azot ha'm kislorod atomları menen soqlıg'ısqanda ha'm bul atomlardın' ju'rip o'tiw jolların o'lshegende Rezerford «og'ada tan' qalarlıq faktke, hawadag'ı azot atomlarının' erkin ju'riw uzınlıg'ının' kislorod atomlarının' erkin ju'riw uzınlıg'ınday ekenligine, al esaplawlar boyınsha olar arasındag'ı ayırmanın' 19% bolatug'ınlıg'ına» dıqqatın awdardı. Eger azottın' tez ushatug'ın atomlarına ha'm usının' menen birge vodorod ushı shıg'atug'ın soqlıg'ısqılarda bunday 19 protsentlik ayırmanı eki sistema arasındag'ı energıyanın' tarqalıwının' esabına jatqarıw kerek. Rezerford «Jen'il atomlardın' ko'pshiliginin' atomlıq salmag'ının' yamasa formulası menen anlatılatus'ınlıg'ı, al tek jalg'ız azot atomının' salmag'ının' formulası menen an'latılatus'ınlıg'ıg'ın atap o'tiw qızıqlı (arqalı pu'tin san belgilengen). Radioaktivlik boyınsha mag'lıwmattar tiykarında azottın' yadrosının' ha'r qaysısının' massası 4 ke ten' u'sh geliy yadrosınan ha'm massası 2 ge ten' bir yamasa eki vodorod yadrosınan turatug'ın turatug'ınlıg'ı belgili. Eger N-yadrolar massası 12 ge ten' bas sistemanın' joldasları bolg'anda, onda usınday baylanısqan N-yadrolar menen jaqınnan soqlıg'ısqılardı erkin yadrolar menen jaqınnan soqlıg'ısqılardı sanınan kishi bolıp shıg'adı. Sebebi alfa bo'lekshe soqlıg'ısqanda N-yadro menen oraylıq massanın'

kombinatsiyalıq maydanına kelip kiredi. Bunday jag'daylarda alfa bo'lekshe tek tosinnan N-yadrog'a maksimalliq tezlik beretug'in aralıqqa shekem jaqınlasıwı mu'mkin (ko'p jag'daylarda alfa bo'lekshe og'an oraylıq massadan bo'leklenip ketetug'ınday mug'dardag'ı energiyanı beriwı mu'mkin). Usınday ko'z-qaras azottan alıng'an tez ushatug'in vodorodtin' sanının' olardin' erkin vodorodtag'ı sanınan, sonın' menen birge tez ushatug'in azottın' sanınan kishi ekenligin tu'sindire aldı. Tiykarg'ı na'tiyjeler erkin halda bo'linip shıgatusug'in H-yadrolardın' tiykarg'ı massanın' orayınan shama menen eki elektronnın' diametrindey ($7 \cdot 10^{-13}$ sm) kashıqlıqta turatusug'ınlig'in ko'rsetti. Usınday kishi qashıqlıqlardag'ı ku'shler nızamın bilmey turıp N-yadronın' bo'linip shıg'ıwı ushın za'ru'rli bolg'an energiyanın' shamasın ha'm bo'linip shıqqan N-atomg'a beriletug'in tezlikte bahalaw qıyın» dep jazdı.

Rezerfordtin' joqarıda keltirilgen pikirleri sol da'wirlerde (1919-jılları) hu'kimlik etken yadrolar protonlar menen elektronlardan turadı, al bo'lekshelerdin' soqlıg'ısıwı serpipmi oraylıq soqqıg'a sa'ykes keledi degen ko'z-karasqa tiykarlang'an edi. Bul izertlewdi bayanlawdı juwmaqldıy kelip Rezerford: «Eger radiy-S ta'repinen shıg'arılğ'an alfa bo'lekshesinin' og'ada u'lken energiyanı itibarg'a altug'in bolsaq, onda usınday alfa bo'lekshesinin' jen'il atom menen soqlıg'ısıwın yadronı qıyratıw ushın qolaylı qural bolıp tabıladı. Usınday ju'da' jaqın soqlıg'ısıwlarında payda bolatıg'in ku'shler bizin' qolımızda bar bolg'an usıllardın' ja'rdeminde alinatug'in ku'shlerdin' ishindegı en' u'lkeni bolsa kerek. Bul jerde orın alatug'in og'ada u'lken ku'shlerdi esapqa alatug'in bolsaq, onda alfa bo'lekshesinin' o'zi o'zinin' qurawshılarına qıyrag'anına qarag'anda azot yadrolarının' ıdıraytusug'ınlig'ı tan' qalarlıq emes. Ulıwma alg'anda na'tiyjeler u'lken energiya'g'a iye alfa bo'lekshelerin yamasa sog'an uqsas bolg'an snaryadlar alıng'an jag'daylarda biz ko'plegen atomlardın' yadrolıq qurılısların qıyratıwımız itimal». Solay etip bul jumısta Rezerforqa birinshi ret eksperimentlerde atom yadrosının' jasalma tu'rdegi aylanısın ju'zege keltiriw sa'ti tu'sti (bul 1919-jılı orın alg'an edi). Birinshi Jer ju'zilik urıstın' sebebinen bir neshe jılg'an keshikken bul ullı ilimiy ashılıw atom a'sirindegi og'ırı u'lken jetiskenlik bolıp tabıladı.

Alfa bo'lekshelerinin' zatlar menen ta'sirlesiwın bunnan keyingi izertlewler alfa bo'leksheleri menen bombalag'andag'ı jasalma tu'rdegi aylanıslardın' azottan basqa bor, ftor, natriy ha'm aliuminiy yadrolarında da ju'retusug'ınlig'in ko'rsetti. Qala berse, birinshiden, aliuminiy ta'repinen shıg'arılğ'an N-bo'lekshelerdin' erkin ju'riw jolı azot ta'repinen shıg'arılğ'an usınday bo'lekshelerdin' erkin ju'riw jolınan eki ese u'lken ekenligi, ekinshiden aliuminiyden alfa bo'lekshelerinin' barlıq bag'ıtlarda bo'linip shıg'atusug'ınlig'ı anıqlandı. Bul jag'day Rezerfordta N-bo'lekshesinin' aliuminiy yadrosınan ushıp shıg'ıwı «atom ishindegı partlanıw sıpatında, usı partlanıwda alfa bo'lekshesinin' energiyanı detonatorın' orın iyeleytusug'ınlig'ı» haqqındag'ı juwmaq payda etti. Sonın' menen birge energiyanın' basım bo'legi yadrodan alınadı. Biraq yadrodan ushıp shıg'ıwshı N-bo'lekshenin' energiyanın' yadronı bombalawshı alfa-bo'lekshenin' energiyanı proporsionallıg'ı bul faktke qayshı keldi.

Solay etip alfa bo'lekshesinin' yadro menen soqlıg'ısıw protsessi a'dettegi klassikalıq ko'z-qaraslar menen u'ylespeydi eken. 1924-jılı Rezerfordtin' SHadvik penen jetilistirilgen a'sbap-u'skenelerde o'tkergegen ta'jiriybelerinde Ne, Mg, Si, S, Cl, Ar ha'm K yadrolarının' ıdırawın baqladı. Biraq ıdıraw vodorod N, geliy He, litiy Li, uglerod S ha'm kislorod O yadrolarında, sonın' menen birge awır elementler bolg'an nikel Ni, mis Cu, tsink Zn, selen Se, kripton Kr, molibden Mo, palladiy Pd, gu'mis Ag, qalayı Sn, ksenon Xe, altın Au ha'm uran U yadrolarında baqlanbadı.

Rezerfordtin' o'tkergegindey izertlewler bir qansha o'zgertilgen xalda Vena qalasındagı radiydi izertlew institutında S.Meyer, G.Petterson, G.Kirsh ha'm olardin' qarawında isleytusug'in xızmetkerler ta'repinen o'tkerildi. Olar alg'an na'tiyjeler Rezerfordtin' toparı alg'an na'tiyjeler menen ayırım jag'daylarda sa'ykes kelmey qaldı. Biraq birgelikte o'tkerilgen talqılawlardın' na'tiyjesinde eki topardın' da na'tiyjelerin bir birine sa'ykes keltiriwdin' sa'ti tu'sti.

Alfa ıdırawdın' kvant-mexanikalıq teoriyasının' do'retiliwı

Rezerford ta'repinen alfa bo'lekshelerinin' yadrolar menen soqlig'isıwına klassikalıq ko'z-qaraslardın' qollanıwı qarama-karsılıqlarg'a alıp keldi. Usınday qarama-qarsılıqlar bunnan burın da orın alg'an edi. Mısalı 1911-1912 jılları Geyger ha'm Nettol ta'repinen ashılǵ'an alfa ıdırawdın' turaqlısı λ menen alfa ıdırawdın' energiyasın baylanıstıratug'ın nızamdı klassikalıq fizikanın' ko'z-karasları menen tu'sindiriw mu'mkin emes edi.

Rezerfordtın' zatlardag'ı tez ushatug'ın alfa bo'lekshelerinin' shashırawın izertlew boyınsha islegen jumıslarında kishi qashılıqlarda Kulon nızamının' da'l orınlanbaytug'ınlıǵ'ı ha'm yadrodag'ı ku'shler xaqında haqqında mag'lıwmatlar alındı. Usının' menen bir qatarda ju'da' tez ushatug'ın alfa bo'leksheleri ThC' (^{212}Po) menen uran atomların bombalag'anda Kulon nızamının' orınlanbaw fakti baqlanbadı (esaplawlar bul eksperimentlerde alfa bo'lekshelerinin' uran atomların yadrolarına $3 \cdot 10^{-12}$ sm ge shekem jaqınlasatıǵınlıǵ'ın ko'rsetti). Bul fakt alfa-bo'leksheleri menen awır yadro arasındag'ı tartısıw ku'shinin' a'dewir kishi qashılıqlarda ta'sir ete baslaytug'ınlıǵ'ın ko'rsetti.

Bul faktlerdi talqılap G.A.Gamov (1904-1968) 1931-jılı bılay dep jazdı: «Urannın' yadroları o'zinen $6,6 \cdot 10^{-6}$ erg energiyag'a iye, yag'nıy energiyası ThC' (^{212}Po) shıǵ'arg'an alfa bo'lekshelerinin' energiyasınan eki ese kishi alfa bo'lekshelerin shıǵ'aradı. Sonlıqtan eger alfa bo'lekshesi o'zinin' aldındag'ı biyikliginin' shaması alfa bo'lekshesinin' tolıq energiyasınan da u'ken bolǵ'an potentsial diywal arqalı o'tiwi kerek bolsa, onda qanday jollar menen olar yadrodan shıǵ'ıp kete aladı? Eger usı diywal arqalı o'tetug'ınday energiyası bolmasa alfa bo'lekshesi yadroda ma'n'gi qalıyay kerek. Klassikalıq fizikada tu'sindiriw mu'mkin emes bul paradoks kvant mexanikası ko'z-qaraslarında jog'aladı. Usınday diywal arqalı o'tiw faktinin' paradokslıq ekenligi fakti jan'a mexanikasın' tolqınlıq xarakteri menen tu'sindiriledi ha'm o'zinin' analogiyasın jaqtılıqtın' tolqınlıq teoriyasında tabadı». Gamov bul jerde tolıq ishki shag'ılısıw qubılısında baqlanatug'ın jag'daydı na'zerde tutqan (ko'pshilikke ma'lim bolǵ'an eki ortalıqtın' shegarasına tolıq ishki shag'ılısıw mu'yeshinen u'ken mu'yesh penen tu'skende jaqtılıqtın' bir bo'liminin' ekinshi ortalıqqa o'tiw fakti haqqında ga'p etilmekte). «Tek usınday jollar menen radioaktivli yadrodan alfa bo'lekshesinin' uship shıǵ'ıwın tu'sindiriw mu'mkin», - dep jazdı G.A.Gamov o'zinin' ilimiy miynetlerinin' birinde (*Gamov G. A. Stroenie atomnogo yadra ha'm radioaktivnost. M.- L., 1932, s. 50.*)

Gerni ha'm Kondon (*Gurney R. W., Condon E.- Nature, 1928, 122, p. 439.*), olardan g'a'rezsiz G.A.Gamov (*Gamow G.- Z. Phys., 1928, 51, S. 204; 1928, 52, S. 510; Nature, 1928, 122, p. 805.*) 1928-jılı atom yadrolarının' kvant-mexanikalıq teoriyasın do'retti.

YAdrolıq nurlanıwların' spektrleri ha'm beta ıdıraw mashqalası

Joqarıda ga'p etilgen da'wirdegi o'tkerilgen jumıslardıń basım ko'pshilik bo'legi radioaktiv zatlar ta'repinen shag'arılatusın alfa, beta ha'm gamma nurlarının' energiyasınan' bo'listirilıwlerin izertlewge bag'ishlang'an edi.

Sol da'wirde o'tkerilgen izertlewler bir radioaktivli nurlandıırıwshı (radioaktivli yadro) ta'repinen shıǵ'arılǵ'an alfa bo'lekshelerinin' berilgen nurlandıırıwshı ushın birdey erkin ushıw jolına ha'm birdey baslang'ısh tezlikke iye bolatusınlıǵ'ı anıqlandı. Demek belgili bir yadrodan energiyası tek belgili bir ma'niske iye bolatusın alfa bo'leksheleri uship shıǵ'adı degen so'z.

Gamma nurlarının' energiyası tiykarınan usı nurlardıń ta'sirinen ushırılıp shıǵ'arılatusın beta nurlarının' energiyasın o'lshew jolı menen anıqlanadı (yag'nıy a'dettegi fotoeffekt, gamma nurları kelip tu'skende atomnıń ishki elektronlıq qabıqlarınan elektronlar ushırılıp shıǵ'arılıwı). Atom ishindegi fotoeffektin' saldarınan payda bolatusın elektronlar gamma nurlarının' spektrine sa'ykes birdey diskret tezliklerge iye bolıp shıqtı. Ayırım zatlar ushın bunday spektrler og'ada quramalı. Ellis, Skinner ha'm Blek usı mag'lıwmatlar tiykarında ha'r qıylı yadrolardıń gamma nurlarının' termlerinin' sxemasın du'ziwge tırstı. Al yadrodan shıqqan da'slepki beta nurlarının' energiyalar boyınsha bo'listirilıwın izertlewler yadrolardan shıqqan elektronlardın' ha'r qıylı tezliklerge iye bolatusınlıǵ'ın ko'rsetti. Bul tezliklerdin' shamasının' nolden elektronlardı nurlandıratug'ın yadronın' o'zgesheligne baylanıslı bazı bir shekli tezlikke shekem

u'zliksiz tu'rde o'zgeretug'inlig'ı anıqlandı. RaE (bul $^{210}_{83}Bi$ tın' radioaktivli izotopı) sıyaqlı zatlar beta nurların shıg'arg'anda gamma nurları nurlanbaydı. Bunday zatlar shıg'arg'an beta nurları da u'zliksiz spektrge iye bolıp shıqtı. Bul na'tiyjelerdin' barlıg'ı da beta bo'lekshelerdin' spektrinin' u'zliksizliginin' gamma nurlarının' payda bolıwı menen baylanıslı emes ekenligin ko'rsetti.

Ellis yadrodan elektronlardın' bazı bir diapazondag'ı ha'r qıylı u'zliksiz tezlikler menen uship shıg'atug'inlig'ı haqqında boljawdı usındı. Bul gipotezag'a L.Meytner (hayal adam) pu'tkilley qarsı shıqtı. Ol alfa ha'm gamma spektrlerdi u'yreniwidin' na'tiyjeleri boyınsha radioaktivli aylanıstın' ha'r bir aktinin' yadronın' bazı bir energiyanın' qa'ddinen ekinshi bir anıq qa'ddige o'tiw menen baylanıslı ekenligin da'lilledi. Beta ıdırawdın' ersi bolg'an qa'siyetlerin tu'sindiriw maqsetinde eki tu'rli tu'sindiriw usınıldı: Birinshi tu'sindiriwde bazı bir yadrolıq protsesslerde energiyanın' saqlanıw nızamı o'zinin' ma'nisin jog'altadı (nızam orınlanbaydı). Ekinshi tu'rli tu'sindiriwde yadro ta'repinen beta bo'lekshesi nurlandırılğ'anda ele belgisiz jol menen energiyanın' nurlanıwı orın aladı.

Bul ma'seleni sheshiwde Ellis ha'm Vuster RaE nin' beta ıdırawında bo'linip shıg'atug'in jıllılıqtın' mug'darın eksperimentte izertledi. Esaplag'ıshlardın' (sshetshiklerdin') ja'rdeminde o'tkerilgen onın' ta'jiriybesinde yadronın' ha'r bir ıdıraw aktinde bir elektronın' shıg'arılatus'ınlig'ı ma'lim boldı. Eger barlıq beta bo'leksheler (elektronlar) yadrodan tek birdey energiya menen uship shıg'atug'in bolsa, biraq yadrodan shıqqannan keyin elektronlar energiyasın basqa protsessler ushın jumsaytug'in bolsa, onda kalorimetr ja'rdeminde ha'r bir ıdıraw akti ushın o'lshegen energiyanın' mug'darı beta bo'lekshelerinin' energiyasının' joqarg'ı shegarasına sa'ykes keliwi kerek. Eger eksperimentlerde baqlang'an beta bo'lekshelerinin' energiyası olardıń yadrodan shıqqan momenttegi energiyag'a sa'ykes keletug'in bolsa, onda kalorimetr ja'rdeminde ha'r bir ıdıraw akti ushın o'lshegen energiyanın' mug'darı beta bo'lekshelerinin' energiyasının' ta'jiriybeden alıng'an ortasha shegarasına sa'ykes keliwi kerek. Ellis ha'm Vuster ta'repinen o'lshegen ha'r bir ıdıraw ushın energiyanın' ma'nisi 344 keV beta spektrdin' ortasha energiyasına da'l sa'ykes keldi. Beta spektrdin' joqarg'ı energiyası 1 MeV edi. Bul shama eksperimentler ta'repinen pu'tkilley biykarlandı.

Liza Meytner bul eksperimentlerdin' na'tiyjelerinin' durıslıg'ına isenbedi. Sonlıqtan ol jetilisken apparatura (arnawlı differentsiallıq kalorimetr) ja'rdeminde o'tkerilgen ta'jiriybelerdı da'rha'l qaytaladı. Meytner menen Ortmannın' o'lshewleri ortasha jıllılıq ushın 337 keV shamasın aldı (yag'mıy Ellis penen Vusterdin' alg'an na'tiyjelerin qaytadan aldı). Usının' menen birge Ellis ta'repinen boljang'an u'zliksiz energiyag'a iye gamma nurlarının' bolmaytug'inlig'in tastıyıqladı. Usınday jollar menen qatan' tu'rde tekserilip ko'rilgen na'tiyjelerdi tu'sindiriw ushın eki mu'mkinshilik usınıldı:

1) beta radioaktivlikke alıp keletug'in ta'sirlesiwlerde energiya tek statistikalıq jaqtan saqlanadı;

2) energiyanın' saqlanıw nızamı ha'r bir ıdıraw aktinde qatan' tu'rde orınlanadı, biraq elektron menen birge elektrlik jaqtan neytral bolg'an bo'lekshelerden turatug'in u'lken sin'iwshilik qa'siyetine iye nurlanıw shıg'arıladı.

Birinshi mu'mkinshilik Bor ta'repinen, al ekinshi mu'mkinshilik Pauli ta'repinen usınıldı. Bor bul jerde 1924-jılı Bor, Kramers ha'm Sleter ta'repinen usınılg'an boljawdı qaytaladı.

1930-jıldın' dekabrında neytron ashılmastan burın¹⁵⁵ Pauli elektrlik jaqtan neytrallıq bo'lekshenin' bar ekenligi haqqındag'ı ideyanı usındı. Ol bul bo'leksheni Rezerford sıyaqlı «neytron» dep atadı. Pauli boyınsha «bul bo'leksheler elektr zaryadına iye emes, biraq $\frac{1}{2}$ ge ten' spinge iye, massag'a iye, onın' massası elektronın' massası menen salıstırılqtay, ha'r qanday halda protonnıń massasının' ju'zden bir u'lesinen u'lken emes». Paulidin' bul batıl ideyasının' ma'nisi minadan ibarat: bunday bo'lekshenin' bar bolıwı N ha'm Li^{26} yadroları ushın Boze-Eynshteyn statistikasının' orınlanatug'inlig'in tu'sindiriw ushın da ja'ne radioaktivli yadrolardıń beta spektrinin' u'zliksizligin tu'sindiriw ushın da za'ru'rli. V.Pauli Tiubingen qalasındag'ı

¹⁵⁵ Neytron 1932-jılı ashıldı.

o'tkerilgen sipoziyumnın qatnasıwshıları ushın jazılǵ'an ashıq xatında bilay jazdı: «Eger yadronın beta ıdırawında elektron menen birge neytron da ushıp shıǵ'atug'ın bolsa, usı neytron menen elektronnın energiyaların qosındısı turaqlı shama bolıp qalatug'ın bolsa, onda beta spektrdin u'zliksizligi tu'sinikli bolǵ'an bolar edi». 1930-jılı dekabr ayında V.Pauli o'zinin ideyasının durıs ekenligine tolıq isengen bolsa da, bul jumıstı baspada ja'riyallawǵ'a asıqpadı.

1931-jılı iyun ayında V.Pauli bul ideyanı Amerika fizikalıq ja'miyetinin ma'jilisinde awızsha bayanladı. Sol jılı ol bul mashqalanı Fermi menen talqıladı. Fermi bul ideyanı tolıq qollap-quwatladı. Pauli ta'repinen oylap tabılǵ'an, massası elektronnın massasınday bolǵ'an bul bo'leksheni massası protonnın massasınday bolǵ'an Rezerford izlep atırǵ'an bo'leksheden ayırıp ko'rsetiw ushın «neytrino» dep atawdı usındı¹⁵⁶. Neytron bolsa 1933-jılı oktyabr ayında SHadvik ta'repinen ashıldı, V.Pauli o'zinin neytrino haqqındag'ı gipotezası haqqındag'ı maqalasın baspag'a jiberdi. Bul maqalasında Pauli Bordın energiya menen impulstin saqlanıw nızamının buzılatusınlıǵ'ı haqqındag'ı alternativlik gipotezasın u'zil-kesil biykarladı.

Bul maqalada Paulidin gipotezası da'slepki gipotezadan bir qansha o'zgeshe bayanlandı. Ol endi neytrinonı atomnın yadrosının quramına kiredi dep tastıyıqlamadı. Maqalada «beta bo'lekshelerinin shıǵ'arılıwı usı waqıtlarǵ'a shekem tabılmag'an zatlar arqalı ju'da o'tkish neytral bo'leksheler menen birge a'melge asırıladı» dep jazdı Pauli o'z maqalasında (V.Pauli. Rus tilindegi shıǵ'armaların jıynag'ı. 393-bet). Bor menen diskussiyası haqqında bayanlaw barısında ol «Beta ıdıraw protsessinde energiyanın saqlanıw nızamının orınlanatusınlıǵ'ın ol (Bor) tek 1936-jılı g'ana moyınladı» dep jazdı.

Usının menen bir qatarda E.Fermi o'zinin ko'pshilikke belgili bolǵ'an beta ırdarwdın teoriyasın do'retti. Bul teoriya yadroda neytronnın protong'a elektrondı ha'm neytrinonı (massası og'ada kishi, spini $\frac{1}{2}$ ħqa ten ha'm sonlıqtan Fermi-Dirak statistikasına bag'ınatusınlıǵ'ın massası og'ada kishi ha'm elektrlik jaqtan neytral bo'leksheler) shıǵ'arıw tiykarında do'retilgen. Beta ıdıraw menen elektr zaryadı menen zaryadlang'an bo'lekshenin joqarıraq kvant qa'ddinen to'menirek kvantlıq qa'dddige o'tiwindegi fotonnın shıǵ'arılıwı arasında uqsaslıq bar. Foton atomda joq, al kvantlıq o'tiwde payda boladı. Tap sol sıyaqlı jen'il bo'leksheler bolǵ'an elektronlar menen neytrinolar nuklonnın bir kvantlıq haldan (bunday halda ol neytron bolıp tabıladı) ekinshi kvantlıq hal bolǵ'an proton halına o'tkende payda boladı. Biraq bunday kontseptsiya sol waqıtları ersi ko'rindi ha'm usının na'tiyjesinde Fermi o'zinin maqalasın «Nature» jurnalına jibergende bul jurnaldın redaksiyası «maqala bul jurnalǵ'a tolıq sa'ykes kelmeydi» degen sıltaw menen maqalanı avtorg'a qaytarg'an.

Neytronnın ashılıwı

1920-jılı mart ayında Xarkin ha'm sol jılı sa'l keyinirek Rezerford ta'repinen «nolinshi element» tin bar bolıwının mu'mkinshiligi boljandı. Bul boljaw boyınsha «nolinshi element» nollik zaryadqa iye bolıwı ha'm Mendelev kestesinde vodorodtan burın turıwı, sonın menen birge bul element proton menen elektronnın kombinatsiyasınan, yag'nıy bul kombinatsiya 10^{-12} – 10^{-13} sm ge shekem qısılǵ'an vodorod atomınan turıwı kerek. Glasson vodorod atmosferasındag'ı elektr razryadında nolinshi elementti tabıwǵ'a umtıldı. Sebebi bunday ortalıqta jetkilikli mug'darda erkin protonlar da, elektronlar da bar. Biraq o'tkerilgen ta'jiriybeler unamlı na'tiyjelerdi bermedi, «nolinshi element tabılǵ'an joq.

1930-jılı nemets fizikleri Bote ha'm Bekker alfa bo'leksheleri menen jen'il elementlerdi, a'sirese berilliydi bombalag'anda zatlar arqalı u'lken o'tkishlik qa'siyetke iye nurlanıwdı taptı. Alfa bo'lekshelerinin deregi retinde shiyshe plastinkag'a jabıstırılǵ'an poloniy alındı. Derektin aldına izertlenetug'ın dene ornatıldı. Zattan qattı nurlanıwdın shıǵ'ıwı Geyger-Miuller esaplag'ışının ja'rdeminde registratsiyalandı. İzertlenip atırǵ'an zattan shıqqan nurlanıwdın jutılıwın u'yreniw ushın zat penen esaplag'ıştın ortasına qalınlıǵ'ı bir neshe sm bolǵ'an qorg'asın qoyıldı. Berilliydi bombalag'anda esaplawlardın sanı maksimallıq ma'niske iye boldı,

¹⁵⁶ Italiya tilindegi «neutrino», «neytrino» degen so'z karaqalpaqsha «kishkene neytron» degen ma'nisti an'g'artadı.

biraz sezilerliktey nurlanıw litiy menen bordı bombalag'anda da baqlandı. İzertlewler Berilliyden shıqqan nurlanıwdın' qalın'lıg'ı 2 sm lik qorg'asın arqalı o'tkende o'zinin' intensivligin tek 13 protsentke g'ana jog'altatug'inlig'in ko'rsetti.

Sol ta'jiriybeler o'tkerilgenge shekem gamma nurlarının' a'dewir qalın'lıqtıg'ı qorg'asın arqalı o'tetug'inlig'ı belgili edi. Sonlıqtan o'tkerilgen jumstın' avtorları da qalın'lıg'ı 2 sm bolg'an qorg'asın arqalı o'tetug'in nurlanıwdı gamma nurlanıw dep boljadı. Boljang'an gamma kvantları ushın energiyanı da'l o'lshelewler ha'r bir kvantqa sa'ykes keliwshi energiyanın' 7 MeV ke ten' ekenligin ko'rsetti. Usının' saldarınan berilliydin' yadroları ta'repinen alfa nurları uslap qalınadı, al artıq energiya gamma nurları tu'rinde shıg'adı dep juwmaq shıg'arıldı.

Ko'p waqıt o'tpey İren Kiuri ha'm Frederik Jolio sol boljap aytilg'an gamma nurlarının' tan' qalarlıq qa'siyetlerinin' bar ekenligin taptı. Olar energiyanın' mug'darı anıqlang'an ionlastırıwshı kamerag'a quramında vodorod bar parafın sıyaqlı zatlardı kirgizse ionizatsiyanın' derlik eki ese artatug'inlig'in anıqladı. Bul artıwdın' ionizatsiyalıq kamerada u'lken kinetikalıq energiya'ya iye protonlardın' payda bolıwı menen baylanıslı ekenligi ma'lim boldı. Usınday protonlardın' hawadag'ı erkin ju'riw jolı 25 sm. Bunday tez qozg'alıwshı protonlardın' payda bolıwın İ.Kiuri ha'm F.Jolio izertlenip atırg'an gamma nurlarının' vodorod yadrolarındag'ı kompton-effekt penen baylanıslı dep esapladı. Gamma kvantının' proton menen ta'sirlesiwı protong'a kvant energiyanı beriliwine alıp keledi. Solay etip tez qozg'alıwshı protonlar beriliw atomları (atomı otdashi) sıpatında qaraldı. Kompton effektinin' teoriyasının' ja'rdeminde protonlardın' tezligin bilip berilliy ta'repinen shıg'arılatusın' gamma kvantlarının' energiyanı anıqlaw mu'mkin edi. Protonlardın' erkin ju'riw jolının' uzınlıg'ı boyınsha olardı tezligi $3 \cdot 10^9$ sm/s, al boljanıp atırg'an gamma kvantlarının' energiyanı 55 MeV bolıp shıqtı. Biraq bul na'tiyje Vebsterdin' na'tiyjelerinen joqarı bolıp shıqtı ha'm onı tu'sindiriwdin' mu'mkinshiligi bolmadı.

İ.Kiuri ha'm F.Joliolardı bul tan' qalarlıq na'tiyjeleri menen tanısp SHadvik Kembridjde bunnan keyingi izertlewlerdi da'rha'l baslap jiberdi ha'm olardı ta'jiriybesin azot penen argonın' atmosferasında o'tkerdi. Berilliy ta'repinen shıg'arılatusın' nurlanıwdın' ta'sirinde azota da, argonda da u'lken kinetikalıq energiya'ya iye bo'leksheler payda boladı eken. Azottın' tex qozg'alatug'in atomların da beriliw atomları dep esaplasaq, onda boljap aytilg'an gamma kvantlarının' energiyanı 90 MeV, al argon jag'dayında gamma kvantının' energiyanı 150 MeV bolıp shıqtı. Basqa so'z benen aytqanda «berilliy» nurlanıwın gamma kvantları dep esaplaw ayqın tu'rdegi qarama-karsılıqqa alıp keldi.

Bul gipotezanı biykarlap SHadvik berilliy Be, litiy Li ha'm bor V ta'repinen olardı alfa nurları menen bombalag'anda bo'linip shıg'atug'in nurlanıwdı o'lsheimleri atom yadrosının' o'lsheimlerinde, massası protonnıń massasına ten', biraq elektr zaryadına iye emes bo'lekshelerdin' ag'ısı degen juwmaqa keldi. Bul gipoteza baqlang'an fakutlerdin' barlıq jıynag'ın birden bir ko'z-karastan tu'sindiriwge mu'mkinshilik berdi. Bul bo'lekshelerdi SHadvik neytronlar dep atadı. SHadviktin' maqalasında keltirilgen mag'lıwmatlar (Chadwick J. - Proc. Roy. Soc. London, 1932, A136, p. 692, qaran'ız, rus tilindegi awdarması: UFN, 1932, 12, s. 557) erli-zayıplı Jolio-Kiuri ta'repinen tolıq tu'rde mayda-shu'ydesine shekem qaldırmastan tekserilip shıg'ıldı ha'm tastıyıqlandı. Bul mına maqalada bayanlang'an: Curie I., Joliot F.- J. phys. et rad., 1933, 4, p. 21, 278 (rus tilindegi awdarması: Jolio-Kiuri Φ r. ha'm İren. İzbrannie trudi. M., 1957, s. 199).

Rezerfordtın' en' jaqın xızmetkerlerinen bolg'an SHadviktin' neytron haqqındag'ı oyg'a keliwi tosınnan bolg'an joq. Bul bo'leksheni Kembridjde izlew 1920-jıl Rezerford ta'repinen usınday bo'lekshenin' bar ekenliginin' mu'mkinshiligi boljap aytilg'annan beri hesh toqtatq'an joq. Neytronnıń ashılıwı menen atom yadroları protonlarda ha'm yadro ishindegi elektronlardan turadı degen ko'z-qaras tolıq qıyratıldı.

1930-jıldın' o'zinde V.A.Ambartsumyan ha'm D.D.İvanenko yadronın' ishinde elektronlar bolmaydı degen pikirdi aytqan edi. Neytronlardın' ashılıwı menen D.D.İvanenko «yadroda individullıq bo'leksheler sıpatındag'ı elektronlar pu'tkilley joq ha'm yadrolar tek protonlar menen neytronlardan turadı» degen ideyanı usındı. Bul ideya keyinirek V.Geyzenberg ta'repinen qarap shıg'ıldı ha'm ha'zirgi zamandag'ı atom yadrolarının' qurılısı teoriyasının' tiykarına kirdi.

Kosmosliq nurlar ha'm pozitronnin' ashilwi

Kosmosliq nurlar 1904-jili ashildi ha'm ko'p jillar dawaminda astronomlar menen geofiziklerdin' izertlew predmeti boldi. Biraq bul izertlewler ko'p jillarg'a shekem fiziklerdin' diqqatin o'zine tarta almadı.

Kosmosliq runlardin' ashilwi atmosferaliq hawanin' spontan tu'rde ionlasıwının' sebeplerin izlew menen baylanisli edi. Da'slep bul nurlardi Jer beti shıg'aratug'in radioaktiv nurlar menen hawada radioaktivli gazlerdin' bar ekenliginin' aqibeti dep sanaldi. Biraq 1910-1914 jillari bul qubılıstı aerostatlarda izertlegen bir qatar izertlewshiler atmosferanın' spontan ionizatsiyasının' biyiklikke baylanisli o'setug'inlig'in taptı. Solay etip joqarıdan keletug'in ha'm atmosferanın' ta'sirinde ha'lsireytug'in nurlar haqqındag'ı ko'z-qaraslar qa'liplesti. Sonın' menen birge ko'pshilik izertlewshiler kosmosliq nurlardi gamma nurlari dep esapladi.

Birinshi jer ju'zlik urıstın' barısında izertlewler toliq toqtadı ha'm tek 1922-1925 jillari g'ana R.Milliken ha'm G.Bouen ta'repinen qayta baslandı. Bul izertlewshiler registratsiyalawshi apparatlar ornatılğan 15,5 km biyiklikke shekem ko'teriletug'in shar-zondlardın' ja'rdeminde izertlewler ju'rgizdi. Bunnan keyin izertlewler taw ko'llerinin' teren' jerlerinde ha'm basqa da ha'r qıylı sharayatlarda orındandı. Bunday izertlewler kosmosliq nurlardin' intensivliginin' biyiklikke g'a'rezliginin' grafigin du'ziwge mu'mkinshilik berdi. Bul izertlewler ten'iz betinen 28 km biyiklikte intensivliktin' o'siwinin' toqtaytug'inlig'in ko'rsetti. Grafiktegi iymeklik usınday biyiklikte maksimum arqalı o'tedi.

1929-jılǵ'a shekem bul izertlewlerdin' barlıǵ'ı da ionizatsiyalıq kameranın' ja'rdeminde o'tkerildi ha'm kosmos ken'isliginen Jerge jetip keliwshi kosmosliq nurlardi qattı gamma nurlari, al bul nurlar Jer atmosferasında beta nurlardi payda etedi esapladi. Bul ko'z-qaras radioaktivlik qubılıslari tiykarında ayıldı.

Usı waqıtlarg'a shekem da'slepki (birinshi) ha'm bunnan keyingi ekinshi kosmosliq nurlardin' bolatug'inlig'ı haqqında durıs ko'z-qaraslar qa'liplesti. Birinshi kosmosliq nurlar kosmos ken'isliginen (kosmostan) keledi ha'm olar Jer atmosferası menen ta'sir etisip ekinshi kosmosliq nurlardi payda etedi. Biraq sol nurlardin' ta'biyatı haqqında anıq mag'lıwmatlar joq edi. Biraq usı jag'daylarga qaramastan Milliken ha'm onın' qarawında isleytug'in xızmetkerler kosmosliq nurlardin' payda bolıwı haqqında a'hmiyetli gipotezanı usındı. Olar boljap ayılğan gamma nurlar protonlardan ha'r qıylı elementler sintezlengende payda boladı dep boljadı.

D.V.Skobeltsın en' birinshi bolıp kosmosliq nurlardi magnit maydanına qoyılğan Vilson kamerasının' ja'rdeminde izertledi. Bul jumıs atmosferanın' baqlanatug'in ionizatsiyasının' gamma nurlarının' ta'sirinde ju'zege kelmeytug'inlig'in, al u'iken tezlik penen kosmos ken'isliginen keletug'in elektronlardin' ta'sirinde ju'retug'inligin anıqladı. Bul elektronlardin' energiyasının' shaması $2 \cdot 10^8$ eV qa shekem jetug'inligi da anıqlandı. Bul jumıstın' na'tiyjelerin bilgen izertlewshilerdin' islengen jumıslarında da Skobeltsinnin' na'tiyjelerinin' durıs ekenligi tastıyıqlandı. Bunnan keyingi izertlewler bul beta nurlarının' Jer atmosferasının' joqarg'ı qatlamlarında tiykarınan protonlardan turatug'in birinshi kosmosliq nurlardin' ta'sirinde payda bolatug'inlig'in ko'rsetti. Usı da'wirde joqarıda keltirilgen beta nurların Vilson kamerasının' ja'rdeminde intensivli tu'rde izertlewler baslandı. 1932-jılı gu'z aylarında amerikalı fizik K.D.Anderson Skobeltsın usılına sa'ykes magnit maydanına jaylastırılğan Vilson kamerasının' ja'rdeminde tu'sirilgen fotosu'wretlerde tosınnan on' zaryadqa iye ayırım elektronlardi taptı. Bul bo'lekshelerdin' trekleri a'dettegi teris zaryadlı elektronlardin' treklerindey edi, biraq magnit maydanı olardi qarama-karsı ta'repke qaray awıstırdı. Anderson bul bo'lekshelerdi «pozitronlar» dep atadı. SHaması, ol o'zinin' na'tiyjelerine toliq isenbegen bolsa kerek ha'm sonlıqtan bul na'tiyjelerde fizikalıq jurnalda basıp shıg'arıwǵ'a asıqpadı. Tez arada Angliyada islegen Blekket penen Okkialinidin' kishkene maqalası jariq ko'rđi ha'm onda olar on' elektronlar bolğan pozitronlardin' bar ekenligi anıq ko'rsetti. Bul izertlewlerinde Vilson kamerası menen Geyger-Miuller esaplag'ıshın biriktirip pu'tkilley jan'a eksperimentallıq usıldı qollandı. Bul usıldın' tiykarında minaday ideya tur edi:

Vilson kamerasının' qasında sa'ykeslik sxeması (sxema sovpadeniy) boyınsha isleytug'in eki yamasa bir neshe Geyger-Miller esaplag'ıshı (sshetshigi) ornatıldı. Sa'ykeslik sxeması boyınsha jumıs islew degen so'z bul esaplag'ıshlardın' barlıg'ındag'ı razryadlardın' waqtı bir biri menen sa'ykes kelgende g'ana isleydi degendi an'latadı. Usı esaplag'ıshlar arqalı o'tken bo'lekshe kameranın' baqlanatug'in bo'liminen de o'tiwi kerek. Solay etip kamera usı kamera ha'm barlıq esaplag'ıshlar arqalı bir yamasa bir neshe bo'lekshe o'tken jag'dayda g'ana isleydi. Basqa so'z benen aytqanda bo'lekshe kamera arqalı o'tkende «o'zin o'zi fotosu'wretke tu'siredi». Bunday avtomatlastırılğ'an usıl ju'da' na'tiyjeli bolıp shıqtı. Kameranın' jumıs islewinin' 50 tsiklinde Anderson tek g'ana bir su'wret alg'an bolsa, Blekket penen Okkialinige kamera arqalı o'tiwshi bo'lekshelerdin' 80 protsentinin' su'wretin tu'siriwge mu'mkinshilik tuwdı. Bul usıl yadro fizikası eksperimenti texnikasının' rawajlanıwındag'ı qoyılğ'an u'ken qa'demlerdin' biri edi.

Pozitronnıń ashılıwı teris energiyag'a iye elektronlıq hallardın' fizikalıq ma'nisi ma'selesine dıqqattı joqarılattı. Bunday jag'daydın' bar ekenligi Dirak ta'repinen keltirilip shıg'arılğ'an elektronlar ushın relyativistlik tolqın ten'lemesinen kelip shıg'adı.

Leningrad qalasında 1933-jılı bolıp o'tken Pu'tkilsoiuzlıq yadrolıq konferentsiyada Dirak bılay dedi: «jaqında o'tkerilgen pozitronlar (on' zaryadlang'an elektronlar) menen o'tkerilgen ta'jiriybelerdi teris kinetikalıq energiyag'a iye elektronlıq hallar haqqındag'ı menin' eski teoriyamnıń eksperimentallıq tastıyıqlanıwı dep aytıwğ'a boladı. Bul teoriya pozitronlardın' bar ekenligin boljap ayttı». Bunnan keyin Dirak «pozitrondı teris energiyag'a iye haldag'ı elektron dep karawğ'a bolama ma? Biraq ta'jiriybeler pozitronnıń qa'legen basqa bo'lekshe sıyaqlı on' ma'nisli kinetikalıq energiyag'a da iye bolatug'ınlıg'ın ko'rsetti. Sonlıqtan bunday ko'z-qarastı pu'tkilley dıqqattan alıp taslaw ha'm pozitronnıń barlıq qa'siyetleri kelip shıg'atug'ın basqa ko'z-qarastı tabıw kerek.

Bunday etip talqılaw bunnan bir neshe jıl burın islegen jumısında berilgen edi (*Dirac P. A. M.*- Ploc. Roy. Soc. London, 1930, A126, p. 360; Ann. Inst. H. Poincare, 1930, p. 391). Meyli biz biletug'ın du'nyada teris energiyalı barlıq elektronlıq hallar elektronlar ta'repinen iyelengen bolsın. Energiyanın' teris qa'ddinde otırg'an bul elektronlardın' jıynag'ı o'zinin' bir tekililigine baylanıslı bizin' seziw organlarımız ha'm o'lsheuwshi a'sbaplar ta'repinen qabıl etile almaydı ha'm tek elektronlar ta'repinen iyelenbegen teris energiyag'a iye qa'ddiler bir tekililiktin' buzılıwı sıpatında olardın' qatarına kirmeydi ha'm sonlıqtan olardı biz on' energiyalı elektronlardın' halları sıpatında baqlaymız. Teris energiyalı iyelenbegen hal, yag'ny teris energiyalı elektronlardın' tarqalıwındag'ı «tesik» biz ta'repinen on' energiyag'a iye bo'lekshe sıpatında qabıl etiledi; sebebi teris kinetikalıq energiyanın' joqlıg'ı on' kinetikalıq energiyanın' bar ekenligi menen ten' ku'shke iye ha'm minus minus plıusti beredi. Sırtqı elektromagnit maydanındag'ı «tesik» tin' qozg'alısı a'dettegi on' energiyalı elektron jag'dayındag'ıday a'dettegi tolqın funktsiyası menen ta'ripleniwi mu'mkin. Sonlıqtan bunday «tesik» ti pozitron menen ten'lestiriw aqlıg'a muwapıq keledi (*Dirac P. A. M.* Teoriya pozitrona. «Atomnoe yadro» kitabında. Moskva- Leningrad. 1934, 133-134).

1932-1933 jılları ha'r qıylı izertlewlerdegi pozitronnıń qaldırğ'an izlerin u'ken pa't penen izlewler baslandı ha'm onday izler haqıyqatında da tabıldı. Qattı gamma nurları awır elementlerdin' yadroları menen ta'sirleskende pozitronlardın' payda bolatug'ınlıg'ı anıqlandı. Bul jag'daylarda elektron-pozitron jubı payda boladı eken. Bul waqıtları fiziklerdin' ko'pshiligi bunday eksperimentlerde «energiyanın'» (gamma kvant» materiyag'a (elektron-pozitron) aylanıwı orın aladı dep esapladı. Sonlıqtan bunday protsess «materiallasıw» dep atıldı. Bul a'lbette nadurıs traktovka edi. Haqıyqatında materiyallıq gamma fotonlardın' materiallıq elektron ha'm pozitrong'a aylanıwı orın aladı. Tap sol sıyaqlı elektron menen pozitronnıń eki gamma fotong'a aylanısı tabıldı. Bul protsessti «annigilyatsiya» dep ataydı.

Juplardın' payda bolıwının' ashılıwı menen birge pozitronnıń alfa bo'leksheler menen neytronlardın' yadrolar menen ta'sirleskeninde de payda bolatug'ınlıg'ı anıqlandı. Solay etip ju'da' qısqa waqıtlar ishinde ta'biyatta elektronlar menen bir qatarda antielektronlardın' da (pozitronlardın' da) bar ekenligi anıqlandı.

Jasalma tu'rde tezletilgen zaryadlang'an bo'lekshelerdin' atom yadrosina ta'siri

Bazı bir jen'i atom yadrolarının' alfa bo'leksheler menen ta'sirleskendegi jasalma tu'rdegi aylanislarının' juwmag'in shig'arip 1919-jılı Rezerford «Eger eksperimentte energiyası bunnan da joqarı alfa bo'leksheleri yamasa sog'an uqsas bolg'an snaryadlar alına qoyg'an jag'dayda biz ko'plegen jen'il elementlerdin' yadroliq qurılısın qıyratkan bolar edik» dep jazdı (*Rutherford E. - Philos. Mag.*, 1919, 36, p. 581 Qaran'ız rus tilindegi awdarması: *Rezerford E. Stroenie atoma ha'm iskusstvennoe prevramenie elementov. M. 1972, s. 291*)).

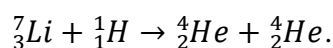
1920-jılları tezletilgen zaryadlang'an bo'lekshelerdi alıwdın' eksperimentallıq usılların izlew baslandı. 1922-jılı SSSR fizigi L.V.Mısovskiydin' ideyası menen ha'm onın' basshılıg'ında tesla-transformatorlı ionlardı tezletiw ushın ha'reketler islendi. Biraq bul jumıs texnikalıq xarakterdegi u'iken qıyınshılıqlarg'a duwshakerlesti ha'm sonlıqtan ko'p uzamay toqtatıldı.

1927-jıldan 1929-jılga shekem nemis fizikleri A.Brash ha'm F.Lange ionlardı tezletiw ushın tawlı jerlerde gu'ldirmama waqıtında payda bolatug'ın ta'biyy joqarı potentsiallardı paydalanıw ushın ha'reketler isledi. Bul tırıswlar da joqarı kernewler dereginin' turaqlı emes ha'm onı retlewge (azıytwg'a ha'm ko'beytwge) bolmaytug'ın bolg'anlıqtan ko'p uzamay toqtadı. Biraq usı jumıstın' barısında ju'da' joqarı impulslik kernewge to'tepki bere alatug'ın trubkanı konstruktsiyalawg'a mu'mkinshilik berdi. Bunday trubkanın' ja'rdeminde keyinirek energiyası 900 keV bolg'an protonlar alındı.

1924-jılı İzing bo'lekshelerdi ko'p qaytara tezletiwdin' rezonanslıq usılın taptı. 1930-jılı Berklide E.O.Lourenstin' basshılıg'ındag'ı bir topar fizikler eki varianttag'ı (sızıqlı ha'm magnitlik tsirkulyarlıq) rezonanslıq tezletkishlerdi islep shig'ıw menen shug'ıllana basladı. 1931-jıldın' o'zinde magnitlik rezonanslıq tsirkulyarlıq tezletkishte (keyinirek bunday tezletkishti tsiklotron dep atay basladı) amplitudası 980 voltlik joqarı jiyilikti kernewdin' ja'rdeminde energiyası 80 keV bolg'an vodorodtın' bir zaryadlı molekulaıq ionları alına basladı. 1932-jıldın' basında Lourenstin' laboratoriyası tsiklotrong'a iye boldı. Bul tsiklotronında protonlar 1,22 MeV energiyag'a iye bolg'ang'a shekem tezletildi. Bul tsiklotronnın' elektromagnitti 28 sm lik poliuske iye edi. Usı da'wirde elektromagnitti 74 tonna, al onın' poliusi 1,14 m bolg'an tsiklotrondı montajlaw jumısları baslandı.

Usının' menen bir qatarda 1931-jılı Amerikalı fizik Van de Graaf joqarı voltli elektrostatikalıq generatorlı islep shıqtı. 1932-jılı jaz ayları birinshi usı tiptegi u'iken generatorın' ja'rdeminde 1 MeV bolg'an turaqlı kernewde isleytug'ın vakuum trubka iske tu'sirildi. Bul trubkada ornatilg'an sferalıq elektrodın' diametri 2 m edi.

Biraq usı quwatlı du'zilislerde tez qozg'alatug'ın bo'lekshelerdi alıw boyınsha o'tkerilgen eksperimentlerden burın Rezerfordtın' laboratoriyasında Kokroft ha'm Uolton ta'repinen salıstırmalı a'piwayı konstruktsiyag'a iye turaqlı joqarı kernewde (kenetronlı tuwrılag'ısh ja'rdeminde) isleytug'ın du'zilis iske tu'sirildi. Bul du'zilistin' ja'rdeminde ~2 mkA toqta energiyası 300 keV bolg'an protonlar alındı. Bul protonlar menen yadrolardı bombalaw boyınsha eksperimentler baslandı. 1932-jılı bolsa olar protonlardın' energiyasın 700 keV ke shekem jetkerdi. Bul du'zilistin' ja'rdeminde og'ada belgili bolg'an na'tiyje alındı: bul du'ziliste jasalma tu'rde tezletilgen protonlardın' ta'sirinde o'tetug'ın yadroliq reaksiya, ${}^7_3\text{Li}^{70}$ tın' mına sxema boyınsha bo'leklerge bo'liniwi baqlandı:



Bunnan keyin Kokroftın' ha'm Uoltonnın' bor, flor ha'm aliuminiydin' yadroların bo'lekshelerge (jon'qalarg'a) bo'liw boyınsha eksperimentleri baslandı.

Biraq tezletiwshi du'zilislerdin' tiykarg'ı tipi Lourenstin' tsiklotronı bolıp qaldı. Bul tsiklotron zaryadlang'an bo'lekshelerdin' energiyaların a'deyair u'lkeytiwge mu'mkinshilik berdi. Sol jılları qurılğan en' u'lken tsiklotronlar diametri shama menen 1,5 metr ha'm salmag'ı 200 tonna bolg'an poliuslerge iye edi. 1941-jılı Lourens ta'repinen tsiklotrondı qurıw oylap tabılǵanda, onda energiyası 100 MeV ke shekem bolg'an deytronlardı alıw mu'mkin edi. Bul tsiklotron ushın za'ru'rli bolg'an parametrler mınaday bolıp shıqtı: poliusinin' diametri 4,7 m, ulıwmalıq salmag'ı 4000 t, kerek elektr energiyası 2900 kVt. Solay etip tsiklotronlardı qollanıw yadroliq izertlewler ushın og'ada ko'p mag'dardag'ı aqsha qarjılarının' talap etiletug'ınıg'in ko'rsetti.

Neytronlardın' atom yadrolarına ta'siri ha'm urannın' bo'liniwi

Alfa bo'leksheler menen bomabalag'anda berilliyden neytronlardın' bo'linip shıg'awı fiziklerge yadrolarg'a neytronlar menen jasalma tu'rde ta'sir etiwidin' mu'mkinshiligin jaratıp berdi. Neytronnıń zaryadın' joqlıg'ı olardıń qa'legen, sonın' ishinde awır yadrolarg'a kire alıw mu'mkinshiliginin' bar ekenligin ko'rsetti. Biraq zaryadtın' joqlıg'ı ta'jiriye o'tkeriwshige qa'legen shamag'a shekem tezletilgen neytronlardı alıwg'a mu'mkinshilik bermedi. Usı jag'dayg'a qaramastan neytronlardın' quramında vodorod bar zatlardan protonlardı julıp alıwı boyınsha islengen ta'jiriyeberler qa'legen shamag'a shekem a'stelengen neytronlardı alıwdın' mu'mkin ekenligin ko'rsetti. Solay etip eksperimentatorlardın' qolında massası protonnıń massasına ten', atom yadrolarına jen'il kirip bara alatug'm, tezlikleri shama menen 10 MeV energiyag'a sa'ykes keliwshi tezlikten nolge shekemgi tezliklerge iye bo'leksheler boldı.

Neytronlar ashılǵannan keyin da'rha'l usınday izertlewler ken' masshtablarda o'tkerile basladı. Biz to'mende 1934-1935 jılları E.Fermi ha'm onın' xızmetkerleri menen neytronlardın' awır elementlerdin' yadroları menen ta'sirlesiwın u'yreniw boyınsha o'tkerilgen ta'jiriyeberlerin qarap o'temiz.

Bul izertlewshiler ta'repinen neytronlardın' gu'mis, rodıy ha'm basqa da elementlerdin' yadroları menen ta'sirlesiwın u'yreniw boyınsha o'tkerilgen ta'jiriyeberleri eger aldın-ala parafin yamasa suw qatlamı menen o'tkerilip a'steletilgen jag'daylarda neytronlardın' beta aktivlikti joqarılatusıg'ın ko'rsetti. Usının' menen birge a'steletilgen neytronlar menen nurlandırılǵan yadrolardıń bir qanshaların' sol elementlerdin' radioaktivli qa'siyetke iye izotopların' payda bolatusıg'ı, geypara jag'daylarda kelesi elementlerdin' payda bolatusıg'ı anıqlandı. Mısalı $^{12}_{12}Mg$ yadroları $^{27}_{13}Al$ ge, al $^{32}_{15}P$ $^{32}_{16}S$ ke aylanatusıg'ı ma'lim boldı.

A'ste qozg'alıwshi neytronlar¹⁵⁷ menen urandı nurlandırg'anda Fermi ha'm onın' xızmetkerleri yarım ıdıraw waqıtları 10 s, 40 s, 13 min ha'm 100 min bolg'an bir neshe radioaktivli zatların' payda bolatusıg'ın taptı. Yarım ıdıraw waqtı 13 ha'm 100 minut bolg'an zatların' ximiyalıq qa'siyetlerin u'yreniw sol elementlerdin' birewinin' atomlıq nomeri 82 menen 92 nin' arasındag'ı elementtin' bolıwın' mu'mkin emes ekenligin ko'rsetti. Jen'ilirek elementlerdi izertlewlerdin' barısında alıng'an mag'lıwmatlarg'a su'yengen halda olar bul jag'dayda atomlıq nomeri 92 den u'lken bolg'an izotop payda boldı (yag'nıy transuran elementi payda boldı) degen juwmaqqa keldi.

Bunnan keyinirek tolıq izertlew O.Gan (1879-1968) ha'm L.Meytner ta'repinen orınladı. Olar transuran elementlerinin' bar ekenligin tastıyıqladı ha'm «13 minutlıq zattın» eka-reniy bolıwın' ($Z = 93$), al «100 minutlıq zattın» eka-osmiy ($Z = 94$) bolıwın' mu'mkin ekenligin ko'rsetti. İzertlewlerdi dawam etip, olar jan'a yarım ıdıraw da'wirlerine iye zatların' payda bolatusıg'ın ko'rsetti. Olardıń bir qanshaları tez ushatug'ın neytronlar menen nurlandıırıwdın' na'tiyjesinde, al geyparaları a'ste ushatug'ın neytronlar menen nurlandıırıwdın' ja'rdeminde, al geyparaları eki tu'rli neytronlar menen nurlandıırıwdın' na'tiyjesinde alındı.

¹⁵⁷ «Medlenniye neytronı» so'zleri «a'ste qozg'alıwshi neytronlar» dep awdarılǵan.

1938-jılı L.Meytner, G.SHtrassman ha'm O.Gan urandı neytronlar menen bombalag'anda aralaspadan bariy menen birge to'rt beta radioaktivli elementtin' otiratug'ının xabarladı. Olar bul to'rt elementti eka-reniy, eka-osmiy, eka-iridiy ha'm eka-platina ($Z = 93, 94, 95, 96$) menen ten'lestirdi. Bariy radiydin' gomologi bolg'anlıqtan olar aling'an zatlardı aktiniy menen radiydin' izotopları dep boljadı. Biraq radiydin' payda bolıwı ushın (atomlıq nomeri 88) urana-92 de eki ret alfa ıdırawdın' orın alıwı kerek. Biraq o'zinin' sxeması menen ko'birek qızıqqan avtorlar bug'an a'hmiyet bermedi. Tap usı waqıtları İ.Kiuri ha'm P.Savish nurlandırılğ'an urannan aling'an jasalma radioelementlerdin' birin muqiyatlı tu'rde ximiyalıq analiz jasag'anda onın' aktiniydin' izotopı emes ekenligin anıqladı (al Meytner, SHtrassman ha'm Gan aktiniydin' izotopı dep esaplag'an edi). Bul element lantannın' ($Z = 57$) qa'siyetine iye edi. Biraq bul na'tiyje de itibarg'a alınbadı ha'm jumıstın' avtorları ta'repinen rawajlandırılmaı.

Biraq Gan ha'm SHtrassman o'zlerinin' izertlewlerin qaytadan basladı ha'm aqır-ayag'ında tan' qalarlıq na'tiyjege keldi: olar ta'repinen ashılğ'an barlıq radioaktivli izotoplardı bariydan ayırıwğ'a bolmaydı, al toriydin' izotopı bolg'an radiotoriyden ayrılardı eken (bul 1939-jılı ju'z berdi).

YAdronın' iri sınıqlarga bo'liniw protsessi ko'p jıllardan beri yadroliq protsessler menen shug'ıllanatug'ın fiziklerdin' ko'pshiligi ushın ku'tilmegen waqıya boldı. Sol waqıtları fizikler arasında yadronı alfa bo'lekshelerden ja'ne artıqmash nuklonlardan jelimlengen qattı dene dep qaraw a'detke aylang'an edi. Sırttan ushıp kelgen bo'lekshenin' yadro menen soqlıg'ısıwın yadrodan alfa bo'leksheni yamasa nuklondı ushırıp shıg'aratug'ın protsess sıpatında qaraldı. Rezerford en' bastan baslap usınday pikirde boldı ha'm bunday ko'z-qaras eksperimentte aling'an na'tiyjelerge qarama-qarsı kelmedi.

Tek 1936-jılı N.Bor usınday ko'z-karastın' durıs emes ekenligine itibar berdi ha'm bombalawshı bo'lekshe menen yadro arasındag'ı ta'sirlesiwdi esapqa alıw za'ru'rılgın ko'rsetti. Ol yadrog'a ushıp bo'lekshenin' yadro menen birlikte quramalı yadronı payda etetug'ınılg'ın atap ko'rsetti. Bunday jag'dayda ushıp keliwshi bo'lekshe o'zinin' kinetikalıq energiyasın yadronın' bo'lekshelerine beredi. Usı energiyanın' yadrodan ushıp shıg'atug'ın bo'lekshede jıynalıwı ushın bazı bir waqıttın' o'tiwi kerek boladı.

Urannın' bo'liniwi ashılıwdan bir katar izertlewshiler bo'liniwdin' bir neshe neytronlardın' shıg'arılıwı menen ju'retug'ınılg'ın taptı. Bul neytronlar urannın' yadrosına tu'sip jan'a bo'lliniw protsessin ju'zege keltire alatug'ın bolıp shıqtı. Usınnan birinshi ret yadroliq shınjırlı reaksiyanın' alınıyamnın' mu'mkinshiligi haqqındag'ı ideya qa'liplesti. YAdroliq partlanıw reaksiyasının' alınıwı ushın ayqın sharayatlardı anıqlawğ'a bag'darlang'an teoriyalıq jumıslar da'rha'l payda boldı. En' a'hmiyetlirek na'tiyje YA.B.Zeldovishtin' ha'm IU.B.Xaritonnnın' jumısında alındı: «Urannın' shınjırlı tu'rde partlanıwına sharayat tuwdırıw ushın neytronlardı a'steletiw ushın awır vodorod yamasa awır suw yaki tutıwdın' jetkilikli da'rejede kishi keskesimin ta'miyinleytug'ın basqa qanday da bir zat kerek... Basqa mu'mkinshilik urandı 235 izotop penen bayıtıw arqalı payda etiledi. Urannın' bo'liniwinin' ashılıwı yadroliq fizika da'wirinin' baslanıwı bolıp tabılardı.

YAdro ishindegi ku'shler mashqalaları ha'm mezonlardın' ashılıwı

YAdronın' elektron-protonlıq qurılısı ko'z-qarası boyınsha protonlar menen elektronlar yadroda bir biri menen elektrostatalıq tartılıs ku'shleri ta'sirinde uslasıp turadı degen pikir de qollanıwğ'a bolmaytug'ın bolıp shıqtı. Ha'r qıylı yadrolardınn' massalarınnı pu'tin sang'a jaqın keliwi quramalı yadrolar tek alfa bo'lekshelerinen turadı degen boljawğ'a alıp keldi. Massalıq sanı $4n$ nen (n arqalı pu'tin san belgilengen) o'zgeshe yadrolarda artıq 1, 2 ha'm 3 proton yamasa bir artıq elektron bar dep esapladı. Biraq $4n$ tipine kiriwshi yadrolardınn' on' zaryadlang'an alfa bo'leksheleri arasında qanday da bir ayırıqsha tartılıs ku'sh bolğ'anda g'ana ornıqlı yadronı

payda etedi. Qala berse bunday ku'shlerdin' shaması elektrostatikalıq iyterilis ku'shlerinin' ta'sirinen u'lken bolıwı ha'm tek ju'da' kishi qashıqlıqlarda ta'sir etiwı kerek.

Solay etip protonlar menen elektronlar arasındag'ı elektrostatikalıq tartılıs ku'shi atom yadrolarının' ornıqlıg'ının' sebeplerin tu'sindire almadı. Haqıyqatında geliy yadrolarındag'ı alfa bo'lekshelerinin' shashırawın izertlew barısında yadrolıq tartılıs ku'shlerinin' bar ekenligi anıqlandı (*Rutherford E., Chadwick J.*- Proc. Phys. Soc., 1924, 36, p. 417). Bul tartılıs ku'shlerinin' ta'biyatı ko'p waqıtlarg'a shekem tu'siniksiz bolıp qaldı. Bul ma'seleni 1931-jılı Gamov qarap shıg'ıp, ol birinshi bolıp yadronı qashıqlıqqa baylanıslı tez kemeyetug'ın ku'shler menen baylanısqa birdey bo'lekshelerdin' jıynag'ı sıpatında qarap, onı atomdag'ı elektronları sistemasınan pu'tkilley basqasha ekenligine dıqqat awdardı. «Bunday jıynaqtın' halı suyıqlıqtın' kishkene tamshısına ju'da' uqsas, - dep jazdı Gamov, - bul tamshının' ishindegi ta'sir etiwshi ku'shler derlik ten'lesedi, al tamshının' beti janında bo'lekshelerdin' tamshıdan shıg'ıp ketiwine qarsılıq jasaytug'ın (bet kerimi sıyaqlı) u'lken ku'shler payda boladı ... Bunday modeldin' ko'lemi shama menen ondag'ı bo'lekshelerdin' sanına proporsional boladı, al yadronın' radiusı atomlıq salmaqtın' kublıq tu'birine baylanıslı o'zgeredi» (*Gamov G. A.* Stroenie atomnogo yadra ha'm radioaktivnost. M.- L., 1932, s. 28.). Bul zor juwmaq ta'jiriybelerde tastıyıqlandı. Usınday etip keyinirek ju'da' jemisli bolg'an yadronın' tamshılıq modeli payda boldı.

1932-jılı yadronın' protonlar ha'm neytronlardan turatug'inlig'ı belgili bolg'annan keyin bul bo'leksheler arasındag'ı ta'sir etetug'ın yadrolıq ku'shlerdin' ta'biyatının' a'hmiyeti pu'tkilley ku'sheydi. Bul ma'sele da'slep klassikalıq fizikadag'ı elektrostatika sheklerinde qaraldı. Elektrostatikalıq ku'shler jag'dayındag'ı «elektr zaryadları» sıyaqlı yadrolıq ku'shlerge «yadrolıq zaryad» oylap tabıldı. Usınday ku'shler eki zaryadlang'an bo'lekshe ushın jazılğ'an

$$U = -g^2 \frac{e^{\alpha r}}{r}$$

formulasınan kelip shıqqan halda jazılıwı mu'mkin (protonlar yamasa neytronlar ushın da). Bul an'latpadag'ı g menen α bazı bir konstantalar. g konstantası zaryadtın' birliğine iye, qala berse yadrolıq zaryadtı tek bir belgige iye boladı ha'm sonlıqtan barlıq zaryadlar ushın tartılıs ku'shi orın aladı dep esapladı. $1/\alpha$ shaması yadrolıq ku'shlerdin' ta'sir etiw radiusın ta'ripleydi (ta'jiriybelerden bul ku'shlerdin' ta'sir etiw aralıg'ı 10^{-13} sm ekenligi belgili).

E.Fermi beta ıdıraw teoriyasın do'retkennen keyin İ.E.Tamm 1934-jılı yadrolıq ku'shlerdin' sanlıq teoriyasın rawajlandırıdı. Bul teoriyanı rawajlandırıw barısında ol awır bo'leksheler (proton ha'm neytron) bir biri menen ta'sirleskende bir biri menen jen'il virtuallıq bo'leksheler (elektronlar ha'm neytrino) menen almasadı dep esapladı (bunday ideyanı D.D.İvanenko da boljag'an edi). Bul juwıq modelde bilay boljaw basshılıqqa alındı: proton o'zinen pozitron ha'm neytrino shıg'arıp neytrongo'a aylanadı, al neytron bolsa bul jen'il bo'lekshelerdi jutıp protong'a aylanadı. Usınday elektr zaryadı menen almasıwdın' na'tiyjesinde proton ha'm neytron bir biri menen ta'sir etisedi (tartısadı). Bunday ta'sirlesiw kvant elektrodinamikasındağ'ı eki elektronnın' bir biri menen virtuallıq foton menen almasıw arqalı ta'sir etiskenindey ko'riniske iye. Elektromagnitlik jag'dayda fotonlar menen almasıwdın' ornına tolqınlıq ko'z-qaraslardan kelip shıg'ıw mu'mkin. Bunday ko'z-qaras boyınsha elektron o'z do'geresinde basqa elektrong'a ta'sir etiwshi maydan payda etedi. YAdrolıq ku'shler jag'dayında bolsa neytron o'zinin' do'geresinde elektrınlıq-neytinolıq maydan payda etip, bul maydan protong'a ta'sir etedi.

Biraq bul teoriya durıs na'tiyjelerdi bermedi. Elektrınlıq-neytrinolıq gipotezag'a tiykarlang'an ku'shti esaplaw ta'jiriybelerde baqlanıp ju'rgen ku'shlerden 10^{10} - 10^{12} ese kishi bolıp shıqtı.

Biraq qalay degen menen yadro ishindegi ku'shlerdi «yadro maydanının' kvantları» arqalı ju'zege keletug'ın ta'sirlesiwidin' virtuallıq ku'shleri haqqındağ'ı ideya printsipinde durıs bolıp ko'rindi. YAponiya fizigi X.IUkava ma'seleni sheshiw maqsetinde 1935-jılı nuklonlar arasındag'ı ta'sirlesiwdi ele belgisiz bolg'an yadro maydanının' gipotezalıq kvantları arqalı a'melge asadı dep boljadı. Bul bo'lekshelerdin' ta'biyatın dıqqattan sırtta qaldırıp ol sol

bo'lekshelerdin' massasi m_0 menen yadroliq ku'shlerdin' ta'sir etiwini' radiusi a arasindag'ı sanliq qatnastı taptı. Bul qatnastın' tu'ri ju'da' a'piwayı bolıp shıqtı:

$$m_0 = h/2\pi ca$$

$a \cong 10^{-13}$ sm ekenligin bul formulag'a qoyıp IUkava $m_0 = (200 - 300)m_e$ ekenligin taptı (bul jerde m_e arqalı elektronnın' massası belgilengen). Basqa so'z benen aytqanda gipotezalıq IUkava bo'lekshesinin' massası elektronnın' massasınan 200-300 ese u'lken eken. Usınday bo'lekshenin' ta'biyatta bar ekenligi ele belgisiz edi. IUkavanın' yadroliq ku'shler teoriyasında ga'p juwıq tu'rdegi sxema haqqında ga'p etildi ha'm sonlıqtan usınday awır elektronnın' ta'biyatta bar ekenligi haqqında anıq aytıw aldığ'a maqset etip qoyılmadı. Biraq IUkavanın' jumısı baspada jariq ko'rgennen eki jıl o'tkennen keyin Amerika fizikleri Anderson ha'm Neddermeyer kosmos nurlarında massası shama menen $207m_e$ bolg'an bo'leksheni taptı (bul shama elektronnın' massası menen protonnın' massasınan' ortalarında jaylasqan, sonlıqtan olar «mezon» lar yamasa «mezotron» lar dep atala basladı).

Keyinirek μ -mezonlar yamasa miuonlar dep atalg'an bul bo'lekshelerdin' fizikalıq qa'siyetlerin' u'yreniw bul bo'lekshelerdin' IUkava boljap aytqan bo'lekshelerge usamaytug'inlig'in ko'rsetti. Olar nuklonlar menen ku'shli ta'sirlespedi ha'm sonlıqtan yadroliq ku'shler ushın juwapker bo'leksheler bola almadı.

Aradan 12 jıl o'tkennen keyin 1947-jılı Angliyalı fizikler Lattes ha'm Okkialini kosmos nurlarında massası 273 elektronnın' massasına ten' mezonlardın' ja'ne bir tipin taptı. Bul bo'lekshelerdi π -mezonlar yamasa pionlar dep ataydı. Bul bo'lekshelerdi atom yadroları ku'shli jutadı eken. 1948-jılı π -mezonlar Berkli qalasındag'ı fazotronında ha'r qıylı yadrolardı 400 MeV energiyag'a shekem tezletilgen alfa bo'leksheleri menen bombalawdın' na'tiyjesinde jasalma tu'rde alındı. Solay etip IUkava teoriyasında boljap aytılg'an bo'leksheler ta'biyatta haqıyqatında da bar eken. X.IUkava ta'repinen mezonlıq yadroliq ku'shlerdin' ashılıwı ilimiy intuitsiyanın' jetiskenlikleri tariyxında ullı orındı iyeleydi.

«Tastıyıqlayman»

Oqıw isleri boyınsha prorektor

_____ M.İbragimov

2008-jıl 25-avgust

Fizika-texnika fakultetinin' fizika qa'nigeliginin' (Ta'lim bag'darı: **5440100 - Fizika**) 1-kurs studentleri ushın

«Fizika tariyxı»

pa'ni boyinsha

SABAQLARG'A MO'LSHERLENGEN OQIW PROGRAMMASI

Saatlar sanı 84.

Sonın' ishinde:

Lektsiyalar 18 saat.

Seminarlar 24 saat.

O'z betinshe islewdin' ko'lemi 42 saat.

Pa'nnin' sabaqlarg'a mo'lsherlengen oqiw programmasi Qaraqalpaq ma'mleketlik universitetinin' ilimiy-metodikalıq ken'esinin' 2008-jıl 25-avgust ku'ngi ma'jilisinde qarap shıg'ıldı ha'm maqullandı. Protokol nomeri 1.

Du'ziwshi ulıwma fizika kafedrasının' baslıg'ı, fizika-matematika ilimlerinin' kandidatı, professor B.Abdikamalov

Sınshılar:

B.Jollıbekov, A'jiniyaz atındag'ı No'kis ma'mleketlik pedagogikalıq institutının' rektori, fizika-matematika ilimlerinin' kandidatı, dotsent.

B.Narimbetov, O'zbekstan İlimler Akademiyasının' Qaraqalpaqstan bo'limi baslıgının' orınbasarı, fizika-matematika ilimlerinin' kandidatı.

Pa'nnin' sabaqlarg'a mo'lsherlengen oqiw programmasi fizika-texnika fakultetinin' ilimiy ken'esinin' 2008-jıl «_____» avgustındag'ı ma'jilisinde talqılandı ha'm maqullandı. Protokol sanı 1.

İlimiy ken'es baslıg'ı

Q.İsmailov

Kelisildi:

Kafedra baslıg'ı

B.Abdikamalov

2008-jıl 25-iiun.

2008-2009 oqıw jılı ushın «Fizika tariyxı» pa'ni boyınsha sabaqlarg'a mo'lsheırlengen oqıw programmasına o'zgertiwler ha'm qosımshalar kirgiziw haqqında.

Ta'lim bag'darı: **5440100** – **Fizika** boyınsha «Fizika tariyxı» pa'ni boyınsha sabaqlarg'a mo'lsheırlengen oqıw programmasına to'mendegidey o'zgerisler ha'm qosımshalar kirgizilmekte:

O'zgerisler ha'm qosımshalar kirgiziwshiler:

(Familiyası, atı, lawazımı, ilimiy da'rejesi ha'm ilimiy atag'ı)

(qolı)

(Familiyası, atı, lawazımı, ilimiy da'rejesi ha'm ilimiy atag'ı)

(qolı)

Sabaqlarg'a mo'lsheırlengen oqıw programması fizika-texnika fakulteti ilimiy ken'esinde talqılandı ha'm maqullandı. Protokol sanı _____.

İlimiy ken'es baslıg'ı

Q.İsmailov

Sabaqlarg'a mo'lisherlengen oqiw bag'larlamasi

	Temalar atları	Saatlar sanı		
1	Kirisiw. Fizika tariyxı pa'ni. Pa'nnin' maqseti. Pa'nnin' wazıypası, metodikalıq ko'rsetpeler, bahalaw kriteriyleri. Pa'nnin' qa'nigeler tayarlawdag'ı tutqan ornı. Pa'nler aralıq baylanısı. Pa'nnin' mazmunı.	2		
2	Fizika tariyxının' ulıwmalıq ma'seleleri. Fizika ta'limatı, fizika pa'ni ha'm olardın' elementleri, a'yyemgi shıg'ıs ma'mleketlerinde (Qıtay, Hindistan, Mesopotamiya ha'm Mısır) ilim menen tsivilizatsiyanın' payda bolıwı ha'm rawajlanıwı.	2		
3	A'yyemgi grek tsivilizatsiyası ha'm ilimi. Aristotel ha'm ta'biyiy (natural) filosofiya (fizika) haqqındag'ı birinshi kitaptın' jazılıwı. Aristoteldin' statika, kinematika ha'm dinamikası. Kosmologiya.	2		
4	Aristotelden keyingi grekler da'wirindegi fizikanın' rawajlanıwı. Aleksandriya ilimiy mektep-muzeyi, belgili alımlar, mexanika, optika ha'm geometriya tarawında jazılğ'an maqalalar. Orta a'sirledegı fizika iliminin' shıg'ıs ma'mleketlerindegi qa'liplesiwi ha'm rawajlanıwı. Arab xalifatlıg'ı ha'm islam ma'deniyatı. Musılmanlarda oyanıw da'wirinin' baslanıwı.	2		
5	Dilmashlar mektebinin' payda bolıwı. Filosofiya mekteplerinin' qa'liplesiwi. SHıg'ıs islam ma'deniyatının' ha'm iliminin' do'retiliwinde islam dininin' ha'm xalıq aralıq arab tilinin' tutqan ornı. SHıg'ıstın' ilimler akademiyları ha'm universitetleri. İlimiy oraylar menen mekteplerdin' payda bolıwı. Observatoriyalardın' salınıwı menen kitapxanalardın' sho'lkemlestiriliwi. Xorazmshah Ma'mun II ta'repinen «Ma'mun akademiyası» nın' sho'lkemlestiriliwi. İlimiy jumıslardın' jolğ'a qoyılıwı.	2		
6	X-XIII a'sirlerdegi ilim menen ma'deniyattın' shıg'ısta u'lken pa'tler menen rawajlanıwı. Musılmanlar Renessiansına u'lken u'les qosqan Xorasan ha'm Ma'werenaxr ilimiy orayları ha'm olarda islegen belgili alımlar.	2		
7	Ulug'bektin' Samarqandtag'ı ilimiy mektebi ha'm Akademiyası. Ulug'bek observatoriyası ha'm ol jerde orınlang'an ilimiy izertlewler. Orta a'sirlerdegi (VII-XVII a'sirler) musılman ellerindegi fizika-matematika ilimlerinin' rawajlanıwı. Matematika pa'ni ha'r tu'rli ilimiy bag'darlardın' tiykarın salıwshı ha'm dawam ettiriwshi sıpatında. Fizika ilimi ta'biyiy pa'nler arasındag'ı en' rawajlang'an ha'm massalıq bolğ'an ilim sıpatında. U'lken a'hmiyetke iye bolğ'an astronomiyalıq kataloglardın' payda bolıwı.	2		
8	Klassikalıq fizikanın' tiykarı bag'darlarınin'	2		

	rawajlanıwı. Mexanikanın' XIX a'sirdin' birinshi yarımındag'ı rawajlanıwı. Tolqınlar optikasının' payda bolıwı ha'm rawajlanıwı. Elektrodinamikanın' payda bolıwı ha'm Maksvelge shekemgi bolg'an rawajlanıwı. Elektromagnetizm. Fizikalıq maydan tu'siniginin' payda bolıwı.			
9	Ha'zirgi zaman fizikası. Salıstırmalıq teoriiyası. Du'nyalıq efir probleması ha'm arnawlı salıstırmalıq teoriiyası. Atom ha'm yadro fizikasının' payda bolıwı ha'm rawajlanıwı. Kvant fizikası, tolqınlar mexanikası. O'zbekstandag'ı fizik izertlewshiler, fizika boyınsha bilimlendiriwidin' qa'liplesiwı ha'm rawajlanıwı.	2		
JA'Mİ		18 saat		

Seminar sabaqlarının' temaralının' dizimi

1. A'yyemgi grek tsivilizatsiyası ha'm ilimi. Aristotel ha'm ta'biyyi filosofiya (fizika) haqqındag'ı birinshi ilimiy kitaptın' jazılıwı. Aristoteldin' statikası, kinematikası ha'm dinamikası. Kosmokologiya.

2. Aristotelden keyingi grekler da'wirindegi fizikanın' rawajlanıwı. Aleksandriya ilimiy mektep-muzeyi, belgili alımlar, mexanika, optika ha'm geometriya tarawlarındağ'ı ju'zege kelgen maqalalar.

3. Rim-Vizantiya da'wiri. Grekler iliminin' krizisi.

4. SHıg'ıstıg'ı xalifalıqtın' birinshi ilimiy orayı Bag'dad Al-Ma'mun akademiyası (Bayt ul Xikma). Ma'daniyat penen ilimnin' rawajlanıwı ma'mleketlik a'hmiyetke iye bolg'an is. Ullı dilmashlar ha'm belgili alımlar. Matematika menen ta'biyyi ilimlerin' rawajlanıwı.

5. Dilmashlar mekteplerinin' sho'lkemlestiriliwi. Filosofiyalıq mekteplerdin' qa'liplesiwı. SHıg'ıs islam ma'deniyatının' ha'm iliminin' do'retiliwinde islam dininin' ha'm xalıq aralıq arab tilinin' tutqan ornı.

6. SHıg'ıstın' ilim akademiyları ha'm universitetleri. İlimiy oraylar menen mekteplerdin' payda bolıwı. Astronomiyalıq observatoriylar menen kitapxanalardın' sho'lkemlestiriliwi.

7. Xorezmshah Ma'mun II ta'repinen «Ma'mun akademiyası» nın' sho'lkemlestiriliwi. İlim izertlew jumıslarının' jolg'a salınıwı.

8. X-XIII a'sirlerdegi ilim menen ma'deniyattın' shıg'ısta tez pa'tler menen rawajlanıwı. Musılman Renessansına u'lke u'les qosqan Xorasan ha'm Ma'werenaxr ilimiy orayları ha'm olarda islegen belgili alımlar.

9. Ulug'bektin' Samarqandtag'ı ilimiy mektebi ha'm Akademiyası. Ulug'bek observatoriyası ha'm bul observatoriyada orınlang'an ilimiy izertlew jumısları.

10. Orta a'sirlerdegi (VII-XVII a'sirler) musılman shıg'ısındag'ı fizika-matematika ilimlerinin' rawajlanıwı. Matematika iliminin' ha'r qıylı bag'darlarının' tiykarın salıwshılar ha'm dawam ettiriwshiler. Fizika (ta'biyyi) ilimi ha'm astrologiya en' rawajlang'an ha'm ko'pshilikke ma'lim bolg'an ilimler sıpatında. U'lken a'hmiyetke iye bolg'an kataloglardın' payda bolıwı.

11. Jıllılıq haqqındag'ı ko'z-qaraslardın' rawajlanıwı. Magnittin' qa'siyetleri ha'm magnetizm. Kompas qurılısının' teoriiyası ha'm texnikası. Alximiya, meditsina ha'm farmatsevtika. Mineralogiya ha'm biologiya tarawındağ'ı izertlewler. Qomus ha'm ilim tariyxı.

12. Klassikalıq fizikanın' tiykarg'ı bag'darlarının' rawajlanıwı. Mexanikanın' XIX a'sirdin' birinshi yarımındag'ı rawajlanıwı. Tolqınlar optikasının' payda bolıwı ha'm rawajlanıwı. Elektrodinamikanın' payda bolıwı ha'm Maksvelge shekemgi bolg'an rawajlanıwı. Elektromagnetizm. Fizikalıq maydan tu'siniginin' payda bolıwı.

13. Ha'zirgi zaman fizikasi. Salıstırmalıq teoriyası. Du'nyalıq efir problemi ha'm arnawlı salıstırmalıq teoriyası. Atom ha'm yadro fizikasının' payda bolıwı ha'm rawajlanıwı. Kvant fizikasi, tolqınlar mexanikasi.

14. Qattı deneler fizikasi, elementleri. Tranzistor fizikasi. Lazer fizikasi. Atom reaktori fizikasi.

O'z betinshe islenetug'm jumıslar dizimi

Grek tsivilizatsiyası ha'm ilimi. A'yyemgi natural filosofiyanın' ju'zege keliwi. A'yyemgi grek ilimiy ha'm filosofiyalıq mektepleri, grek tsivilizatsiyasının' altın da'wiri. Materialistlik ta'limattın' ha'm atomistikanın' payda bolıwı. Grek tilinin' tutqan ornı. Materiya ha'm qozg'alıs, ken'islik ha'm waqıt. İlim tariyxının' ju'zege keliwi. SHıg'ıstıg'ı ilimiy bilimlerde bolg'an za'ru'rlik. Musılman orta a'sirlerindeki ma'deniyat, ilim, ilimiy mektepler ha'm bilimlendiriwdin' rawajlanıwı. SHıg'ısta xalifalıqtın' birinshi ilimiy orayı Bag'dad Al-Ma'mun akademiyası (Bayt ul Xikma). Ma'deniyat penen ilimnin' rawajlanıwı ma'mleketlik a'hmiyetke iye bolg'an is. Ullı dilmashlar ha'm belgili alımlar. Matematika ha'm ta'biy ilimlerin' rawajlanıwı. Xorezmshah Ma'mun II ta'repinen «Ma'mun akademiyası» nın' sho'lkemlestiriliwi. İlimiy jumısların' jolg'a salınıwı. Orta a'sirlerdegi (VII-XVII a'sirler) musulman shıg'ısındag'ı fizika-matematika ilimlerinin' rawajlanıwı. Matematika iliminin' ha'r qıylı bag'darlarınin' tiykarların salıwshılar ha'm olardı dawam ettiriwshiler. Fizika (ta'biy) ilimi menen astrologiya en' joqarı rawajlang'an ha'm ko'pshilikke ma'lim bolg'an fizikalıq-matematikalıq ilim sıpatında. U'lken a'hmiyetke iye bolg'an kat alogların' payda bolıwı. Orta a'sirlerdegi Evropa ilimi. Belgili alımlar ha'm olar do'retken ilimiy shıg'armalar. A'lemnin' geliooraylıq sisteması.

Klassikalıq fizikanın' tiykarlıq bag'darlarınin' rawajlanıwı. Mexikanın' XIX a'sirdin' birinshi yarımındag'ı rawajlanıwı. Tolqın optikasının' payda bolıwı ha'm rawajlanıwı. Elektrodinamikanın' payda bolıwı ha'm Maksvelge shekemgi bolg'an rawajlanıw barısı. Elektromagnetizm. Fizikalıq maydan tu'siniginin' payda bolıwı.

Ha'zirgi zaman fizikasi. Salıstırmalıq teoriyası. Du'nyalıq efir problemi ha'm salıstırmalıq teoriyası. Atom ha'm yadro fizikasının' payda bolıwı ha'm rawajlanıwı. Kvant fizikasi, tolqın mexanikasi. Qattı deneler fizikasının' elementleri. Tranzistor fizikasi. Lazer fizikasi. Atom reaktori fizikasi.

O'zbekstandag'ı fizikalıq izertlewler, fizika boyınsha bilimlendiriwdin' qa'liplesiwi ha'm rawajlanıwı.

Tiykarg'ı a'debiyatlar

P.S.Kudryavtsev. Kurs istorii fiziki. M.1982

B.İ.Spasskiy. İstoriya fiziki. M. 1977. T.1-11.

B.İ.Spasskiy. Fizika vse razvitii. M.1979.

YA.G.Dorfman. Vsemirnaya istoriya fiziki: s nashala do XVIII. M.1974.

M.Loshi. İstoriya fiziki. M.1970.

A.U.Nazarov. «Fizika tariyxı» kursidan ma'ruzalar matni. T. ToshDU-1999.

Qosımsha a'debiyatlar

E.N.Nazirov, E.G.Xasanov. Fizisheskiy fakultet.Tashkent. ToshDU. 1987.

G.P.Matvievskeya, B.A.Rozenfeld. Matematiki i astronomi musulmanskogo srednevekovya i ix trudi (VIII-XVII). Moskva. «Nauka» 1983. Toma I, II i III.

A.T.Grigoryan. M.M.Rojanskaya. Mexanika i astronomiya na srednevekovom vostokey. Moskva. «Nauka» 1980.

İ.Rojanvskiy. Antishnaya nauka. Msokva. «Nauka» 1980.

Abu Ali İbn-Sino i estestvennie nauki. Toshkent. İzdatelstvo «Fan». 1981.

Naushnoe nasledstvo. İz istorii fiziko-matematisheskix nauk na srednevekom vostokey. Toma 6 i 8.

M.Mamadazimov. Ulug'bek va udin' rasadxonasi Toshkent. 1994.

B.A'bdikamalov, Q.A'metov, E.O'teniyazov. Ulug'bek ha'm astronomiya. No'kis. Qaraqalpaqstan. 1994. 40 b.