

**O'zbekstan Respublikasi Joqari ha'm orta arnawli
bilim ministrliqi**

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

Fizika-texnika fakulteti

Uluwma fizika kafedrası

B.A.Abdikamalov

**ASTRONOMIYA HA'M ASTROFIZIKA
TIYKARLARI**

(Lektsiyalar tekstleri ha'm metodikalıq ko'rsetpeler)

İnternettegi adresi www.abdikamalov.narod.ru

No'kis - 2008

Mazmunı

Kirisiw.	3
A'lem sanlar menen.	5
Astronomiya ha'm astrofizikanın' qısqasha tariyxı.	10
Astronomiyanın' bo'limleri.	11
A'lemnın' qurılısı haqqında qısqasha osherk.	12
A'lemnın' masshtabları.	13
Pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamı – astronomiyanın' bas nızamı sıpatında.	16
Planetaların' qozg'alıs nızamları.	18
Kepler nızamları.	20
Orbitalar elementleri.	20
Shen'ber ta'rizli orbita boyınsha qozg'alıs.	22
Ellips ta'rizli orbita boyınsha qozg'alıs.	23
Parabola ta'rizli orbita boyınsha qozg'alıs.	24
Giperbolalıq orbita boyınsha qozg'alıs.	25
Kepler nızamları ha'm aspan denelerinin' massaların anıqlaw.	26
Jer.	27
Jerdin' aylanıwı.	29
Jerdin' da'lirek forması.	29
Jerdin' massası.	30
Sferalıq koordinatalar sisteması ha'm aspan sferası.	31
Geografiyalıq koordinatalar.	34
Gorizontallıq koordinatalar sisteması.	35
Ekvatorlıq koordinatalar sisteması ha'm aspan sferasının' sutkalıq aylanısı.	36
Quyash sistemasının' du'zilisi.	40
Quyash sistemasının' ag'zaları ha'm o'lshepleri	42
Planetaların' konfiguratsiyaları ha'm ko'riniw sha'rtleri	43
Planetaların' Quyash a'tırıpında qozg'alısları. Olardıń da'wirleri	44
Quyash sisteması denelerine shekemgi qashıqlıqlardı anıqlaw	45
Astronomiyadag'ı uzınlıq birlikleri	46
Quyash sisteması denelerinin' o'lshepleri anıqlaw	46
Aydın' qozg'alısı ha'm fazaları	47
Quyash penen Aydın' tutılıwları	48
Kosmonavtika elementleri.	50
Kosmonavtika ha'm onın' basqa ilimler menen baylanısı	50
Ushıw barısında kosmoslıq apparatqa ta'sir etiwshi ku'shler	52
Salmaqsızlıq	52
Oraylıq tartılıs maydanı	53
Ta'sir sferası ha'm kosmoslıq apparatlardıń traektoriyaların juwıq esaplaw	57
Jerdin' jasalma joldaslarının' orbitalarının' elementleri	58
Orbitadag'ı manevrlar	61
Planetalar ha'm olardıń joldasları.	69
Merkuriy	69
Venera	71
Jer – planeta	73
Mars	78
Yupiter	81
Saturn	85
Uran	88
Neptun	89
Kishi planetalar	90
Kometalar	93
Juldızlar	102
Eynşteynnıń gravitatsiya teoriyasın ayırım astrofizikalıq ma'selelerdi sheshiw ushın qollanıw.	117
Kosmologiya	142
Axmed a'l-Ferg'aniy	167
A'l-Beruniy	169
Ulıg'bek ha'm astronomiya	175

Kirisiw

Astronomiya A'lem haqqındag'ı ilim bolıp, aspan deneleri menen olardıń sistemaların' qozg'alısların, qurılısın, payda bolıwın ha'm rawajlanıwın izertleydi.

Astronomiya Quyashtı ha'm juldızlardı, planetalar menen olardıń joldasların, kometalardı ha'm meteorlıq denelerdi, dumanlıqlardı, juldızlar sistemaların ha'm juldızlar menen planetalardıń arasındag'ı ken'islikti toltırıp turatug'ın materiyanı izertleydi.

Aspan denelerinin' qurılısı menen rawajlanıwın, olardıń iyelep turg'an orınların, ken'isliktegi kozg'alısların izertley otırıp astronomiya A'lemnin' tutası menen algandag'ı qurılısı menen rawajlanıwı haqqındag'ı ko'z-qaraslardı payda etedi. «Astronomiya» so'zi eki grek so'zinen kelip shıqqan: «astron» - juldız ha'm «nomos» - nızam.

Aspan denelerin izertlegende astronomiya o'z aldına izbe-iz sheshiliwdi talap etetug'ın u'sh tiykarg'ı ma'seleni qoyadı:

1. Aspan denelerinin' ken'isliktegi ko'rinetug'ın, al onnan keyin haqıyqıy awhalları menen qozg'alısların u'yreniw, olardıń o'lshepleri menen formaların anıqlaw.

2. Aspan denelerinin' fizikalıq qurılısın, yag'nıy ximiyalıq quramı menen aspan denesinin' beti ha'm ishindegi fizikalıq sharayatlardı u'yreniw (tıg'ızlıq, temperaturalar h.t.b.).

3. Ayırım aspan denelerin menen olardıń sistemaların' payda bolıwı menen rawajlanıw ma'selelerin sheshiw.

Birinshi ma'sele a'yyemgi zamanlarda baslang'an baqlawlardı dawam etiw ha'm 300 jıldan beri belgili mexanikanın' nızamları tiykarında sheshiledi. Sonlıqtan astronomiyanın' bul oblastında a'sirese Jerge jaqın ob'ektler ushın en' bay mag'lıwmatlar jıynag'ına iyemiz

Aspan denelerinin' fizikalıq qurılısları haqqında biz kemirek bilemiz. Ekinshi ma'selege tiyisli sorawlarg'a juwap beriw shama menen ju'z jilday burın, al tiykarg'ı mashqalalardı sheshiw tek son'g'ı jılları baslandı.

U'shinshi ma'sele da'slepki eki ma'seleden kiyinraq. Onı sheshiw ushın jıynalg'an materiallar ele jetkilikli emes. Sonlıqtan astronomiya boyınsha bizin' bilimlerimiz ulıwmalıq ko'z-qaraslar ha'm haqıyqatlıqqa uqsas gipotezalar menen sheklenedi.

Endi biz astronomiya ilimi boyınsha XX a'sirdin' juwmaqları menen XXI a'sirde sheshiliwi kerek bolg'an ma'seleler haqqında toqtap o'temiz.

XX a'sirdin' juwmaqları:

Planetalıq astronomiyada:

- ko'p min' jıllar burıng'ı ha'm keyingi planetalardıń iyelep turg'an orınların esaplawg'a mu'mkinshilik beretug'ın planetalardıń qozg'alısın' relyativistlik teoriyası du'zildi;

- barlıq planetalardıń ta'biyatı ulıwma tu'rde izertlendi, al Aydın', Veneranın' ha'm Marstın' betleri tikkeley izertlendi;

- asteroidlar menen kometalardıń yadroları sırlı ob'ektler bolıwdan qaldı, olardı tikkeley izertlewler endi baslanadı;

- basqa juldızlardag'ı platenatalıq sistemalar ashıldı.

Biraq ha'zirshe:

- kosmogoniyalın' ko'plegen dara mashqalaları sheshilgen joq: Ay qalay qa'liplesti, planetalar-gigantlar a'tirapındag'ı saqıynalar qalay payda bolg'an, nelikten Venera ju'da' a'stelik penen aylanadı ha'm qarama-qarsı ta'repke qaray?

- bas mashqalanın' sheshimi joq: Quyash sisteması qalay payda boldı?

Juldızlar astronomiyasında:

- juldızlardın' ishki du'zilisinin' teoriyası do'retildi; juldızlardın' sırtqı qatlamaların' vibratsiyası (gelioseysmologiya) ha'm termoyadroliq reaksiyalardıń aqıbetinde tuwılatug'ın neytrinolardı registratsiyalaw jolı menen juldızlardın' ishki qurılısın izertlew metodları tabıldı;

- juldızlardın' payda bolıwı menen evolyutsiyasının' ulıwma tu'rdegi kartinası do'retildi;

- juldızlar evolyutsiyasının' qaldıqları tabıldı ha'm u'yrenildi - aq karlikler ha'm teoriyalıq jollar menen boljang'an neytronlıq juldızlar.

Biraq ha'zirshe:

- Quyashtın' barlıq baqlanatug'ın qa'siyetlerin (mısalı yadrodan shıg'atug'ın neytrinolardıń ag'ımın) tu'sindiretug'ın Quyashtın' anıq teoriyası ele do'retilgen joq;

- juldızlar aktivliginin' payda bolıwın da'l tu'sindiretug'ın teoriya joq. Mısalı, asa jan'a juldızlardın' partlanıw sebepleri ele aqırına shekem tu'sindirilmedi; nelikten bazı bir juldızlardın' a'tırapınan gazdın' jin'ishke ag'ısı shıg'arıladı. Aspannıń ha'r qıylı bag'ıtlarınan bir qa'lipke keletug'ın gamma-nurlanıwdın' qısqa waqıtlıq payda bolıwı ayırıqsha jumbaq. Sonın' menen birge olardıń ne menen baylanıslı ekenligi de (juldızlar yamasa basqa ob'ektler), olardıń bizden qansha qashıqlıqta jaylasqanlıqları da ayqın emes.

Galaktikalıq ha'm galaktikadan tis astronomiyada:

- Galaktikanın' ha'm onın' tiykarg'ı baqlanatug'ın qurawshılarının' qurılısı ulıwma tu'rde anıqlang'an;

- juldızlar aralıq gaz ha'm shan' menen bizden jasırınıp turg'an Galaktikanın' yadrosının' qurılısı u'yrenildi;

- A'lemdegi en' uzaq bolg'an ob'ektlerge shekemgi qashıqlıqlardı o'lshew usılları tabıldı;

- galaktikalardıń tiykarg'ı tipleri menen olardıń jıyınlarınan' qurılısı u'yrenildi;

- galaktikalar jıyınlarınan' ta'rtipsiz tu'rde tarqalmag'anlıg'ı, al olardıń A'lemnin' iri masshtablı yashekalıq qurılısın payda etetug'ınlig'ı tabıldı.

Biraq ha'zirshe:

- jasırın massa mashqalası sheshilgen joq, galaktikalar menen olardıń jıyınlarınan' gravitatsiyalıq maydanı olarda baqlanatug'ın zatlardın' gravitatsiyalıq maydanınan a'dewir zıyat. A'lemnin' zatlarınan' basım ko'pshiligi astronomlardın' na'zerinen usı waqıtlarg'a shekem jasırınıp turg'an bolıwı itimal;

- galaktikalardıń payda bolıwının' birden bir teoriyası joq;

- kosmologıyanın' tiykarg'ı mashqalaları sheshilgen joq: A'lemnin' payda bolıwının' tamamlang'an fizikalıq teoriyası joq ha'm onın' bolajaqtag'ı ta'g'diri ele anıq emes.

XX a'sir astronomiyasının' juwmaqları usılardan ibarat.

XXI a'sirde sheshiliwi kerek ma'seleler:

- Jaqın juldızlar Jer tipindegi planetalarg'a iye me ha'm sol planetalarda biosferalar bar ma (olarda tirishilik bar ma)?

- Juldızlardın' qa'liplesiwine qanday protsessler mu'mkinshilik beredi?

- Uglerod, kislorod sıyaqlı biologiyalıq a'xmiyetli elementler Galaktikada qalay payda boladı ha'm olar qalayınsha tarqalg'an?

- Qara qurdımlar aktiv galaktikalar menen kvazarlardın' energiyasının' deregi bolıp tabılama?

- Galaktikalar qashan ha'm qay jerde qa'liplesti?

- A'lem sheksiz ken'eye bere me yamasa onın' ken'eyiwi qısılıw menen almasa ma?

Biraq jan'a a'wlad astronomlardın' tiykarg'ı dıqqatının' joqarıda keltirilgen mashqalalarg'a qaratılmawı da itimal. Ha'zirgi ku'nleri neytrinoliq ha'm gravitatsiyalıq-tolqınlıq astronomiya o'zlerinin' da'slepki nıq qa'demlerin qoymaқта. Jigirmalag'an jıllardan keyin olardıń A'lemnin' jan'a betin ashatug'ınlig'ının' itimallıg'ı joqarı.

Qızg'ın rawajlanıwına qarmastan astronomıyanın' bir o'zgesheligi o'zgerissiz qaladı. Onın' dıqqatının' predmeti – Jerdegi qa'legen orınnan qarawg'a ha'm u'yreniwge mu'mkin bolg'an juldız aspanı. Aspan ba'rshe ushın bir ha'm ha'r bir adamnıń ıqlası bolsa onı u'yreniwi mu'mkin. Ha'tte ha'zirgi ku'nleri de (XXI a'sirdin' basında) astronom-ıshqıpazlar baqlaw astronomiyasının' bazı bir tarawlarına o'zlerinin' u'leslerin qospaқта. Bul tek ilimge u'les bolıp qalmastan, sol astronom-ıshqıpazlardın' o'zleri ushın da og'ada u'lken ha'm basqa hesh na'rse menen salıstırıwǵa bolmaytug'ın quwanış bolıp tabıladı.

A'lem sanlar menen

Fundamentallıq turaqlılar

Gravitatsiya turaqlısı	$6.67 \cdot 10^{-8}$	$\text{Sm}^3/(\text{g} \cdot \text{s}^2)$
Vakuumdegi jaqtılıqtın tezligi	$3.00 \cdot 10^{10}$	sm/s
Plank turaqlısı	$6.63 \cdot 10^{-27}$	erg s

Atom yadroları

Protonnıń o'lsheıı	$0.8 \cdot 10^{-13}$	sm
Protonnıń massası	$1.67 \cdot 10^{-24}$	g
Protonnıń zaryadı	$4.8 \cdot 10^{-10}$	SGSE birl.
Yadrolıq zattın ortasha tıg'ızlıg'ı	$2 \cdot 10^{14}$	g/sm^3
1 eV energiya birligi	$1.6 \cdot 10^{-12}$	erg
Yadronıń ha'r bir nuklon ushın salıstırmalı baylanıs energiyasınıń xarakterli shaması	$7 \div 8$	MeV
Protonnıń massası / Elektronnıń massası	1836	
Massanın atomlıq birligi	(12C yadrosı massası)/12	
Massanın atomlıq birliginin tınıshlıq energiyası	931	MeV
Elektronnıń tınıshlıqtaǵı energiyası	0.511	MeV

Atomlar ha'm fotonlar

Birinshi Bor orbitasınıń radiusı	$0.5 \cdot 10^{-8}$	sm
Ko'zge ko'rinetug'ın jaqtılıqtın tolqın uzınlıg'ı (shamasının ta'rtibi)	$5 \cdot 10^{-5}$ 5000	sm angstrem
Tiykarg'ı halda turg'an vodorod atomının ionizatsiya energiyası	13.6	eV
Ha'r qıylı atomlardın ionizatsiya energiyaları	$5 \div 20$	eV
Boltsman turaqlısı	$1.38 \cdot 10^{-16}$	erg/K

Adam ha'm adamzat

Adamnıń xarakterli sıızıqlı o'lsheıı	100	sm
Adam ushın xarakterli massa	105	g
Adam o'mirinin xarakterli uzaqlıg'ı	$2 \cdot 10^9$	c
Adam denesinin tıg'ızlıg'ı	1	g/sm^3
Adam denesinin ximiyalıq quramı (massası boyınsha)		
kislorod	65%	
uglerod	18%	
vodorod	17%	

basqa elementlerdin' barlıg'ın qosqanda	1% ten kem	
Energiya shıg'arıw tempi	10^4	erg/(g s)
En' kishi massanı seziw shegi	0.1	g
Adamnıń seziw organların'ın' en' kishi waqıttı seziw shegi	0.1	s
Ko'zdin' seziwinin' en' kishi sıızılıq shegi	0.01	sm
Ko'zdin' seziwinin' en' kishi mu'yeshlik shegi	1	mu'yeshl.min.
Jerdegi adamlar sanı	$6 \cdot 10^9$	
Astronomlar sanı	$1 \cdot 10^4$	

Qorshag'an ortalıq

1 sm ³ hawadag'ı molekularlar sanı (Loshmit sanı)	$3 \cdot 10^{19}$	
Hawanın' tıg'ızlıg'ı	$1.3 \cdot 10^{-3}$	g/sm ³
Hawanın' mollik massası	29	g/mol
Hawa molekularların' jılılıq tezlikleri	0.5	km/s
Hawa molekularların' jılılıq energiyaları	0.025	eV
Qorshag'an ortalıq temperaturası	300	K
Tıg'ızlıqlar: suw	1	g/sm ³
Temir	7.8	
Bir tekli atmosferanın' biyikligi	8	km
Sankt-Peterburgtın' o'lishemi	30	km

Jer ha'm Ay

Jerdin' radiusı	6400	km
Jerdin' massası	$6 \cdot 10^{27}$	g
Jerdin' ortasha tıg'ızlıg'ı	5.5	g/sm ³
Jer betinin' qashıw tezligi	11.2	km/s
Jerdin' ekvatordag'ı aylanıw tezligi	0.5	km/s
Erkin tu'siw tezleniwi	980	sm/s ²
Magnit maydanının' kernewliligi	0.5	Gs
Jerdin' jası	$4.5 \cdot 10^9$	Jıl
Jerdegi tirishiliktin' jası	$4.5 \cdot 10^9$	Jıl
Sutkadag'ı sekundlar sanı	86 400	
Jıldag'ı sekundlar sanı	$3 \cdot 10^7$	
Tolıq Aydın' ko'riniwinin' juldızlıq shaması	-13 ^m	
Ayg'a shekemgi qashılıq	400 000 1/400 1.3	km a.b. jaqtılıq sekundi
Aydın' massası/Jerdin' massası	1/81	

Aydağ'ı salmaq ku'shinin' tezleniwi	160	sm/s ²
Ay betinen qashıw tezligi	2.4	km/s
Sinodlıq ay	29.5	sut
Siderlik ay	27.1	sut

Quyash sisteması

Astronomiyalıq birlik	149.6 . 106 1.5 . 1013 500	Km sm jaqtılıq sekundi
Jerdin' orbita boyınsha qozg'alısı tezligi	30	km/s
Quyash sistemasının' o'lshehi	40 $6 \cdot 10^{14}$ 7 $1 \cdot 10^4$	a.e. sm jaqtılıq saatları Quyash radiuslarında
Plutonın' quyash do'gereginde aylanıw da'wiri	250	Jıl
Yupiter Quyash do'gereginde aylanıw da'wiri Orbitasının' u'lken yarım ko'sheri massası ortasha tıg'ızlıg'ı o'z ko'sheri do'gereginde aylanıw da'wiri	12 5 0.001 300 1.3 10	jıl a.b. Quyash massası Jer massası g/sm^3 saat

Eger arqa polyus ta'repten qarasaq Quyash do'gereginde barlıq planetalar saat strelkasının' bag'ıtına qarama-qarsı bag'ıtta aylanadı

Quyash

Massası	$2 \cdot 10^{33}$	g
Svetimost	$4 \cdot 10^{33}$	erg/c
Radiusı	700 000	km
Ortasha tıg'ızlıg'ı	1.4	g/sm^3
Betinen qashıw tezligi	600	km/s
Ekvatordag'ı aylanıw da'wiri sinodlıq siderlik	27 25	sut
Betindegi salmaq ku'shinin' tezleniwi	$3 \cdot 10^4$	sm/s^2

Quyash diskisinin' orayında 1" 750 km ge sa'ykes keledi

Quyash juldiz sipatında

«Betinin» temperaturası	5800	K
«Betindegi» tıg'ızlıq	10^{-7}	g/sm^3
Quyash atmosferasının ximiyalıq quramı (massası boyınsha)		
vodorod	70%	
geliy	27%	
Basqa elementlerdin' barlıg'ı	3%	
Absolyut juldızlıq shama (V jolag'ında)	$+48^m$	
Ko'riniwdin' juldızlıq shaması		
V jolag'ında	-26.7^m	
Bolometrlik	-26.8^m	
B - V ren' ko'rsetkishi	$+0.65^m$	
Spektrallıq klass	G2V	
Quyash daqlarındag'ı magnit maydanı	$1000 \div 4000$	Gs
Quyash tajının' temperaturası,	$1 \cdot 10^6$	K

Juldızlar

A. A'dettigidey (normal) juldızlar		
Massaları	$0.1 \div 100$	Quyash massalarında
Radiusları		Quyash radiuslarında
Bas izbe-izlik	$0.1 \div 25$	
Qızıl gigantlar ha'm asa gigantlar	$10 \div 1000$	
Svetimosti	$10^{-4} \div 10^6$	svetimostey Solntsa
Energiya shıg'arıw tempi	$0.1 \div 1000$	erg/(g s)
En' joqarg'ı svetimosti	$10^{39} \div 10^{40}$	erg/c
Ortasha tıg'ızlıqlar		
Bas izbe-izlik	$0.01 \div 100$	g/sm^3
Qızıl gigantlar ha'm asa gigantlar	$10^{-7} \div 10^{-2}$	
"Betlerinin" temperaturaları	$3000 \div 50000$	K

B. Aq irgejejliler

Massaları: ortasha maksimallıq	0.6 1.4	Quyash massası
Radiusları	0.01 shamasında	Quyash radiusı
Ortasha tıg'ızlıqları	$10^5 \div 10^7$	g/sm^3
Magnit maydanları	$10^6 \div 10^8$ ge shekem	Gs

V. Neytronlıq juldızlar

Massalari	$2 \div 3$ den ko'p emes	Quyash massasi
Radiuslari	$10 \div 15$	km
Ortasha tıg'ızlıqlari	$10^{13} \div 10^{14}$	g/sm^3
Magnit maydanlari	10^{14}	Gs
O'z ko'sheri do'gereginde aylanıw da'wirleri	$0.001 \div 10$	s

Julduzlar aralıq ortaliq

Galaktikanın' julduzlari massasi/ Julduzlar aralıq zatlar massasi	30	
Julduzlar aralıq gazler massasi/ Julduzlar aralıq shan'lar massasi	100	
Julduzlar aralıq gazler temperaturasi diapazonı.	$10^1 \div 10^7$	K
Julduzlar aralıq ortaliqlardin' ortasha tıg'ızlıg'ı	10^{-24}	g/sm^3
Bo'leksheler kontsentratsiyasi	$10^{-3} \div 10^8$	Sm^{-3}
Magnit maydanının' kernewliligi	$(3 \div 5) \cdot 10^{-6}$	Gs
Gaz dumanlıqlar Bo'leksheler kontsentratsiyasi Gaz temperaturasi	$10^2 \div 10^4$ $(8 \div 12) \cdot 10^3$	sm^{-3} K

Galaktika

Galaktika diametri	30	Kpk
Disktin' kaln'lıg'ı	1	Kpk
Galaktika massasi	$10^{11} \div 10^{12}$	Quyash massasi
Galaktikadag'ı julduzlar sanı	10^{11}	
Morfologiyalıq tip	Sbc ili SBbc	
Absolyut julduzlıq shama (V jolag'ında)	-20.5m	
Galaktikanın' orayınan Quyashqa shekemgi aralıq	8	kpk
Galaktikanın' orayı do'gereginde Quyashın' qozg'alıs tezligi	200	km/s
Galaktikalıq jıl	$2 \cdot 10^8$	let

Julduzlar aralıq qashıqlıqlar birlikleri

1 pk = 3.26 jaqtılıq jılı = 206 265 a.b. = $3 \cdot 10^{18}$ sm.

Julduzlar astronomiyasındag'ı tezlikler birligi (1 a.b./jıl)	4.74	km/s
α Cen ge shekemgi qashıqlıq.	1.3 4.3	pk j.j.
A'tiraptag'ı julduzlarg'a salıstırg'andag'ı Quyashın' tezligi	20	km/s
En' u'lken menshikli qozg'alıs (Barnard julduzı)	10	mu'yeshlik.sek./jıl

Quyash a'tirapındag'ı zatlardın' tıg'ızlıg'ı (juldızlardın' zatların esapqa alg'anda)	10^{-23} - 0.1	g/sm^3 Quyash massası/pk ³
Shar (ta'rizli) jiynaqlar Galaktikadag'ı tolıq sanı Tikkeley baqlanadı Bir jiynaqtag'ı juldızlar sanı	~ 200 ~ 140 $10^5 \div 10^6$	

Galaktikadan tıstag'ı du'nya ha'm A'lem

Qashıqlıqlar: U'lken Magellan Bultı Andromeda dumanlıg'ı Devadag'ı galaktikalar jiynag'ının' orayı	55 700 20	kpk kpk Mpk
Galaktikalar arasındag'ı ortasha kashıqlıq/a'dettegidey galaktikanın' o'lsheımi	$10 \div 100$	
Xabbl turaqlısı H	$50 \div 100$	km/(s Mpk)
Xabbl waqıtı (1/H)	10^{10}	Jıl
Xabbl qashıqlıg'ı (c/H)	10^{28}	sm
Reliktiv nurlanıw temperaturası	2.7	K
A'lemnin' kritikalıq tıg'ızlıg'ı	10^{-29}	g/sm^3
A'lemdegi ko'rinetug'ın zatlardın' ortasha tıg'ızlıg'ı	10^{-30}	g/sm^3

Astronomiya ha'm astrofizikanın' qısqasha tariyxı

Bizin' eramızg'a shekemgi 360-jıl shaması.	Aristoteldin' du'nyanın' georaylıq sisteması.
Bizin' eramızg'a shekemgi II a'sir.	Du'nyanın' birinshi geliooraylıq sisteması (Aristarx Samosskiy).
Bizin' eramızg'a shekemgi 240-jıl.	Jerdin' o'lsheımlerin (radiusın) birinshi o'lsheıwı (Eratosfen).
Bizin' eramızg'a shekemgi II a'sir.	Gipparx. Pretsessiyanın' ashılıwı, juldızlıq shamalardın' kirgiziliwı, juldızlar katalogı.
Bizin' eramızdın' II a'siri.	Ptolemeydin' «Almagest» miyneti, epitsikllar.
1032-1037 jıllar.	Al Beruniydin' «Mas'ud Kanonı» miyneti.
1420-1430 jıllar.	Mırza Ulıg'bektin' «Qurag'aniy zidjı» katalogı.
1543-jıl.	Kopernik: «De revolutionibus orbium coelestium» kitabı jarıq ko'redi. («Aspan shen'berlerinin' aylanısları haqqında»).
1610-jıl.	Galiley. Teleskoplıq astronomiyanın' baslanıwı.
1610-1620 jıllar.	Kepler. Planetalardın' qozg'alıs nızamları.
1687-jıl.	Nyuton: «Philosophiae naturalis principia mathematica» kitabı jarıq ko'rdi («Natural filosofıyanın' matematikalıq baslaması»).
XVIII a'sirdin' aqırı.	Gershel. Juldızlar astronomiyasının' tuwılıwı.
1859-jıl.	Kirxgof. Spektrallıq analizdin' ashılıwı.
1910-1922 jıllar.	Slayfer galaktikalardın' spektrindegi qızılğ'a awısıwdı ashtı: $z = (\lambda_{\text{dereк}} - \lambda_{\text{бакл}}) / \lambda_{\text{бакл}}$ Bul an'latpada $\lambda_{\text{dereк}}$ ha'm $\lambda_{\text{бақл}}$ arqalı dereк penen baqlawshının'

	menshikli koordinatalar sistemasindag'ı nurlanıw uzınlıqları belgilengen.
1915-jıl.	Eynshteyn. Ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyası (Eynshteynnin' gravitatsiya teoriyası).
1917-jıl.	Albert Eynshteynnin' «Kosmologiya ma'seleleri ha'm ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyası» miynetinin' jarıq ko'riwi.
1918-jıl.	Shepli. Galaktooraylık revolyutsiya.
1922-1924 jıllar.	A.Fridman. Eynshteyn ten'lemelerinin' satatsionar emes sheshimle-ri (Fridmannın' kosmologiyalıq modelleri).
1929-jıl.	E. Xabbl, qashıqlasıwshı galaktikalar ushın $v = H \cdot r$ nızamı. Qashıqlasıwshı galaktikalardıń tezlikleri qızılǵ'a awısıwdı Doppler effekti dep interpretatsiyalaw jolı menen anıqlanadı: Kishi z lerde $z = \Delta\lambda / \lambda = v / c.$ Xabbl turaqlısının' ma'nisin birinshi ret o'lshew.
1933-jıl.	Yanskiy. Kosmoslıq radionurlar. F. TSvikki. galaktikalar jıynaqlarındag'ı jasırın massa.
1939-jıl.	Bete, Veytszekker. Juldızlar energiyasının' derekleri.
1949-jıl.	Alfer, Bete, Gamov – «Issı A'lem gipotezası» ("Big Bang") ha'm temperaturası $T \sim 5 \text{ K}$ bolg'an reliktiv nurlardıń bar ekenligin bol-jaw.
1950-jıllar.	Juldızlar evolyutsiyası.
1960-jıllar.	Kvazarlar, reliktiv nurlar, pulsarlar.
1965-jıl.	A. Penzias, R. Vilson – temperaturası shama menen 3 K bolg'an kosmoslıq izotrop mikrotolqınlıq fonnın' (reliktiv nurlardıń) ashılıwı.
1970-jıllar.	Rentgen ha'm gamma astronomiyası.
1979-80 jıllar.	A. Gus, A.A. Starobinskiy, A.D. Linde, D.A. Kirjnits – «inflyatsiyalıq» (u'rleniwshi) A'lem gipotezası.
1980-1990 jıllar.	İnfraqızıl astronomiya. Kosmoslıq astrometriya.
1992-1993 jıllar.	«Relikt» (Rossiya) ha'm "COBE" (AQSh) kosmoslıq eksperimentlerinde reliktiv nurlanıwdıń kishi fluktuatsiyaları baqlandı.
1998-jıl.	Reliaktiv mikrotolqınlıq nurlanıwdıń fluktuatsiyalarının' mu'yeshlik spektri o'lsheendi.
1995-1996 jıllar.	Jaqın juldızlardıń planetalar sistemalarının' ashılıwı.
1998-jıl.	Komoslıq vakuum ha'm antigravitatsiya.

Astronomiyanın' bo'limleri

Astronomiyanın' baslı bo'limleri to'mendegiler bolıp tabıladı:

1. **Astrometriya** — ken'islik penen waqıttı o'lshew haqqındag'ı ilim. Ol mınalardan turadı: a) **sferalıq astronomiya** (ha'r qıylı koordinatalar sistemalarının' ja'rdeminde aspan denelerinin' ko'rinetug'ın orınların ha'm qozg'alısların anıqlaytug'ın matematikalıq usıllardı islep shıǵadı ha'm jaqtırtqıshlardıń koordinatalarının' waqıtqa baylanıslı o'zgeriw teoriyasın keltirip shıǵaradı); b) **fundamentallıq astrometriya** (baqlawlar tiykarında aspan jaqtırtqıshlarının' koordinataların anıqlaw, juldızlardıń orınlarının' katalogların du'ziw ha'm a'hmiyetli astronomiyalıq turaqlılardıń sanlıq ma'nislerin anıqlaw); v) **a'meliy astronomiya** (geografiyalıq koordinatalardı, bag'ıtlar azimutların, anıq waqıttı anıqlaw usılları u'yreniledi ha'm bul jag'daylarda paydalanılatur'ın a'sbaplar ta'riplenedi).

2. **Teoriyalıq astronomiya** aspan denelerinin' iyelep turg'an orınlarınan paydalanıp orbitaların anıqlaw ha'm olardıń orbitaları boyınsha efemeridlerdi (ko'rinetug'ın awhalların) esaplaw menen shug'ıllanadı.

3. **Aspan mexanikası** pu'tkil du'nyalıq tartılıs ku'shleri ta'sirindegi aspan denelerinin' qozg'alıs nızamların u'yrenedi, aspan denelerinin' massaları menen formasın, olardan turatug'ın sistemalardıń turaqlılıq sha'rtlerin anıqlaydı.

Bul u'sh bo'lim tiykarınan astronomiyanın' birinshi ma'selesin sheshedi ha'm solardı a'dette klassikalıq astronomiya dep ataydı.

4. **Astrofizika** aspan denelerinin' qurılısın, fizikalıq qa'siyetlerin ha'm ximiyalıq quramın izertleydi. Astrofizika a'dette: a) **a'meliy astrofizikag'a** (bunda astrofizikalıq izertlewlerdin' a'meliy usılları ha'm sa'ykes asbap-u'skeneler islenip shıg'adı); b) **teoriyalıq astrofizika** (fizika nızamları tiykarında aspan denelerinde baqlanıp atır'g'an fizikalıq qubılıslar tu'sindiriledi) bolıp ekige bo'linedi.

Astrofizikanın' bir katar bo'limleri izertlew ushın qollanılatur'ın usıllarına baylanıslı arnawlı tu'rde ayırılıp turadı.

5. Juldızlar astronomiyası juldızlardın' ken'isliktegi tarqalıwın ha'm qozg'alısların, juldızlar sistemaların ha'm juldızlar aralıq materiyasını izertleydi.

Bul eki bo'limde tiykarınan astronomiyanın' ekinshi ma'selesini sheshiledi.

6. **Kosmogoniya** aspan denelerinin', sonın' ishinde Jerdin' payda bolıwın ha'm rawajlanıwın u'yrenedi.

7. **Kosmologiya** A'lemnin' qurılısın ha'm rawajlanıwının' ulıwmalıq nızamlılıqların u'yrenedi.

Aspan deneleri haqqında alıng'an barlıq mag'lıwmatlar tiykarında astronomiyanın' keyingi eki bo'limi onın' u'shinshi ma'selesin sheshedi.

Al ulıwma astronomiya kursı bolsa astronomiyanın' ha'r qıylı bo'limleri ta'repinen alıng'an na'tiyjeler menen qollanılg'an tiykar'ı usıllardıń sistemalı bayanlanıwın o'z ishine aladı.

A'lemnin' qurılısı haqqındag'ı qısqasha osherk

Adamlar ta'repinen u'yrenilgen ken'islik bizin' Quyashımız ta'rizli aspan deneleri bolg'an og'ada ko'p sanlı juldızlar menen tolg'an.

Juldızlar ken'islikte ta'rtipsiz tu'rde tarqalg'an, olar galaktikalar dep atalatur'ın sistemalardı payda etedi. Galaktikalar ko'pshilik jag'daylarda ellips ta'rizli, kısılg'an ha'm tag'ı da basqa tu'rlerge iye boladı. Galaktikanın' bir shetinen shıqqan jaqtılıq ekinshi shetine onlag'an, ju'zlegen mın' jıldı jetedi (jaqtılıqtın' tezliginin' 300 000 km/sek ekenligin umıtpaymız).

Ayırım galaktikalar arasındag'ı qashılıqlar onnan da u'lken – galaktikalardıń o'zlerinin' o'lshemlerinen onlag'an ese u'lken.

Ha'r bir galaktikadag'ı juldızlar sanı og'ada u'lken – ju'zlegen millionnan ju'zlegen milliardqa shekem. Jerden ayırım galaktikalar a'zzi duman sıyaqlı daqlar tu'rinde ko'rinedi ha'm sonlıqtan olardı burınları galaktikadan tıs dumanlıqlar dep atadı. Tek jaqın galaktikalarda g'ana ku'shli teleskoplar ja'rdeminde ayırım juldızlardı ko'riwge boladı.

Galaktikalardıń ishindegi juldızlardın' tarqalıwı bir tekli emes. Mısalı galaktikanın' oraylıq bo'limlerinde juldızlardın' kontsentratsiyası joqarı. Ko'pshilik jag'daylarda juldızlar ha'r qıylı jıynaqlardı payda etedi.

Galaktikadag'ı juldızlar arasındag'ı ortalıq gaz, shan', elementar bo'leksheler, elektromagnit nurlanıw ha'm gravitatsiyalıq maydan tu'rindegi materiya menen tolg'an. Juldızlar menen galaktikalar aralıq ortalıqlardag'ı zatlardın' tıg'ızlıg'ı og'ada az. Aspanda baqlanatur'ın Quyash, juldızlardın' ko'pshiligi, juldızlar toparları bizin' Galaktika dep atalatur'ın sistemanı payda etedi. Bul Galaktikag'a kiriwshi a'zzi og'ada ko'p sandag'ı juldızlar qurallanbag'an adam ko'zine aspan araqalı o'tetug'ın ha'm Qus joli dep atalatur'ın jaqtı jolaq bolıp ko'rinedi.

Quyash bizin' Galaktikamızdın' ko'p milliard juldızlarının' biri. Biraq Quyash jalg'ız juldız emes – ol Bizin' Jer sıyaqlı planetalar menen qorshalg'an. Planetalar (barlıg'ı emes) da o'zinin'

joldaslarına iye. Jerdin' joldası Ay bolıp tabıladı. Quyash sistemasının' quramına planetalar ha'm olardın' joldaslarınan basqa asteroidlar (kishi planetalar), kometalar ha'm meteorlıq deneler ki-redi.

Ha'zirgi waqıtlardag'ı astronomiya bizin' Galaktikamızdag'ı juldızlar menen basqa da galaktikalardag'ı juldızlardın' basım ko'pshiligi bizin' Quyashımız sıyaqlı o'z joldaslarına iye ekenligin biledi¹.

A'lemdegi barlıq na'rseler qozg'alısta boladı. Planetalar ha'm olardın' joldasları, kometalar ha'm meteorlıq deneler qozg'aladı. Sonın' menen birge galaktikalardag'ı juldızlar da, galaktikalardın' o'zleri de bir birine salıstırg'anda kozg'alısta. Materiya joq ken'isliktin' joq ekenligi sıyaqlı, qozg'almaytug'ın materiya da joq.

Joqarıda ga'p etilgen A'lemnin' tiykarg'ı qa'siyetleri mın'lag'an jıllar dawamında o'tkerilgen izertlew jumıslarınan' na'tiyjeleri bolıp tabıladı. A'llette A'lemnin' ha'r qıylı bo'limleri ha'r qıylı teren'likte u'yrenilgen. Mısalı XIX a'sirge shekem tiykarınan Quyash sisteması, tek XIX a'sirdin' ortalarınan baslap Qus jolının' qurılısı, al XX a'sirdin' basınan baslap juldızlar sisteması izertlene basladı.

A'lemnin' masshtabları

Bul paragraf ko'rgizbelilik maqsetinde jazılğ'an. Biz to'mende astronomiyanın' ne menen shug'ıllanatug'ınlıg'ın ha'm ta'biyatta bos orınlardın' qanshama yamasa qanday ekenligin ko'remiz. Bul maqsetke jetiw ushın A'lemnin' bazı bir masshtablardag'ı modelin du'zemiz.

Da'slep Jerdi diametri 10 sm bolğ'an shar dep qabıl etemiz (demek masshtab 1:127 mln.). Bunday jag'dayda Jerdin' ekvatorlık ha'm polyar radiusları arasındag'ı ayırma (bul ayırma 22 km ge ten') 0.17 mm ge ten' boladı. Jer atmosferası a'dewir qalın'. Biraq eger ondag'ı barlıq hawa ten'iz beti qa'ddindegidey tıg'ızlıqqa iye bolıwı ushın onın' qalın'lıg'ı 8 km bolıwı kerek. Haqıyqatında 8 km den biyiktegi hawa dem alıw ushın jaramsız. Sonın' ushın sol 8 km degen shamanı birinshi jaqınlasıwda atmosferanın' joqarıg'ı shegarası dep qabıl etiwge boladı. Bizin' modelimizde qalın'lıg'ın 8 km bolğ'an qatlam qalın'lıg'ı 0.06 mm bolğ'an plenkağa sa'ykes keledi. Shama menen 100 km biyiklikte molekularların' kontsentratsiyası 10^{13} molekula/sm³, usı biyiklikke shekem Jer atmosferasındag'ı ha'r qıylı gazlerdin' aralasıwı orın aladı. Sonlıqtan 100 km biyiklikten to'mengi biyikliklerde hawanın' ximiyalıq quramı shama menen birdey. Al joqarı biyikliklerde bolsa molekularların' salmag'ı boyınsha ayırılıwı orın aladı (bul shegara gomopauza dep ataladı). Meteorlar tap sonday biyikliklerde jana baslaydı. Biz qarap atırg'an modelde bul katlamnıń kalın'lıg'ı 0.8 mm ge sa'ykes keledi. 300 km den baslap Jerdin' jasalma joldaslarınan' orbitaları jaylasqan oblast baslanadı. Bizin' modelimizde orbitasınan' Jer betinen biyikligi 350 km bolğ'an kosmos korabllerinin' (mısalı "Mir" stantsiyası) orbitalarınan' biyikligi 2.7 mm g'ana boladı. Al geostatsionar joldaslarınan' orbitalarınan' biyikligi (40 mın' km) - 31 sm.

Bunday masshtablarda Ay diametri 2.7 sm bolğ'an sharıkke aylanadı, al Ay menen Jer arasındag'ı qashıqlıq 2.8 m den 3.1 m ge shekem o'zgeredi. Al ortasha orbitalıq tezligi (1 km/s) 0.5 mm/min g'ana boladı. Al Quyashnıń modeli diametri 10 m bolğ'an shar bolıp tabıladı. Bunday Quyash diametri 10 sm bolğ'an «Jer» den 1 km qashıqlıqta jaylasadı. Jerdin' orbitalıq tezligi (30 km/s) bunday jag'dayda 0.24 mm/s g'ana boladı, al jaqtılıqtın' tezligi bolsa (300 000 km/s) 2.4 m/s qa ten' boladı.

Quyash sisteması haqqında ko'z-qarasqa iye bolıw ushın kishirek masshtabtı paydalanamız ha'm 1 a.b. ti 1 m ge ten' etip alamız. (shama menen 1: 150 mlrd.) ha'm planetalar haqqındag'ı usı qollanbada keltirilgen mag'lıwmatlardan paydalanamız. Bunday masshtablarda Quyash diametri 1 sm bolğ'an sharıkke aylanadı, bul sharıktin' a'tırapında radiusı 1 m ge ten' shen'ber boyınsha diametri 0.1 mm bolğ'an Jer aylanadı. Ay bolsa diametri 0.03 mm bolğ'an shan' tu'yirshesindey bolıp Jerden 2.6 mm qashıqlıqta aylanadı. Basqa planetalar bolsa to'mendegidey tu'rge iye boladı: Mekuriy, Venera ha'm Mars - diametrleri 0.03, 0.1 ha'm 0.05 mm bolğ'an sha-

¹ Bizin' Galktikamız, Quyash, Jer, Ay u'lken ha'ripler menen jazıladı.

rikler Quyashtan 39, 72 ha'm 152 sm qashıqlıqlarda aylanadı. Quyashtan sistemasının' sırtqı bo'limi bosıraq boladı: Diametri 0.9 mm bolg'an Yupiter, diametri 0.8 mmlik Saturn, diametrleri 0.3 mm bolg'an Uran ha'm Neptun ja'ne diametri 0.015 mm bolg'an Pluton Qtsuyashtan sa'ykes 5.2, 9.5, 19.2, 30.1 ha'm 39.5 m ge ten' qashıqlıqlarda aylanadı. Basqa so'z benen aytqanda bunday masshtablarda planetalıq sistema futbol maydanshasınday u'ikenlikke iye boladı.

Quyashtan sistemasında asteroidlar menen kometalar da boladı. Biraq olar biz qabil etken masshtablarda elestirerliktey bolmaydı. Misalı en' u'iken asteroid (TSerera, diametri 1000 km) o'lsheimi 0.007 mm bolg'an tu'yir bolıp ko'rinedi (bunday deneni adam ko'zi a'dette an'g'armaydı). Al diametri 200 km den u'iken bolg'an asteroidlar sanı otızlag'an g'ana. Usınday masshtablarda atomnın' diametrine (10^{-8} sm) o'lsheimleri 15 m bolg'an asteroidlar sa'ykes kele-di. En' jaqtılı kometalardıń o'lsheimleri (quyırıqlar menen qosa esaplag'anda qısqa waqıtlar ishinde (Quyashtan jaqındag'an waqıt momentlerinde) planetalar arasındag'ı qashıqlıqlar menen barabar boladı. Biraq en' u'iken kometalardıń yadrolarının' o'lsheimleri bir neshe onlag'an ki-lometrden u'iken bolmag'anlıqtan ha'm olardıń massaların' planetalar massalarına karag'anda og'ada kishi bolg'anlıg'ınan olardı esapqa almawg'a boladı.

Usı modeldegi jaqtılıq tezligi 0.2 sm/s qa, Jerdin' orbitalıq tezligi 0.7 mm/saat qa yamasa 6.3 m/jıl g'a ten'. Sonlıqtan biz joqarıda ga'p etken futbol maydanı menen barabar ken'islik statikalıq (qozg'alısar ko'zge tu'speytug'ın) ken'islik bolıp shıg'adı.

Jerden Quyashtan 30' lıq mu'yeshlik o'lsheimde ko'rinetug'ın bolg'anlıqtan Quyashtan Jerge salıstırg'anda 30 esedey qashıqlıqta jaylasqan Neptunda diametri 1' bolg'an disk bolıp ko'rinedi (qurallanbag'an ko'zge noqatlıq jaqtırtqısh bolıp ko'rinedi). Usıg'an sa'ykes Neptunnın' betinin' maydan birliğine kelip tu'setug'ın Quyashtan nurı (jaqtılang'anlıg'ı, osveshennost) Jerdegige ka-rag'anda 900 ese kem boladı. Sonlıqtan salqınlıq (to'men temperaturalar) penen bir katarda Quyashtan sistemasının' shetleri qaran'g'ılıqqa shu'mgen. Bul jag'day Quyashtan sistemasının' shetle-rindegi (Plutonnan da sırttag'ı) planetalardı izlewdi a'dewir qıyınlastıradı.

Biz qabil etken Quyashtan modelinen shama menen 100 m qashıqlıqta (100 a.b.) geliopauza dep atalatug'ın shegara jaylasqan (bunday shegarada Quyashtan samalının' ta'siri juldızlar samalının' ta'sirinen kishi bolıp kaladı). Bul juldızlar aralıq ken'isliktin' baslanıwı bolıp tabıladı. Bunnan keyin shama menen 100 km ge shekemgi aralıqta (100 tis. a.b.!) gipotezalıq Oort belligi jaylasadı. Bul bellikti Quyashtan sisteması ushın kometalardıń yamasa kometalıq materiallardı jetkizip beriwshi dep esaplaydı. Al bunnan da u'iken qashıqlıqlarda juldızlar jaylasqan. Olardıń ishindegi en' jaqını - TSentavrdın' α sı yamasa Toliman bızın' modelimize diametrleri 1 sm bolg'an sharikler bolıp tabıladı ha'm sonday bolg'an sharikten (Quyashtan) 278 km (1.35 pk = 278 mn' a.b.) qashıqlıqta jaylasadı. Bul sistemasının' u'shinshi qurawshısı TSentavrdın' Proksiması diamenti 1 mm bolg'an qum da'neshesindey tu'rge iye bolıp Quyashtan 11 km jaqın jaylasadı.

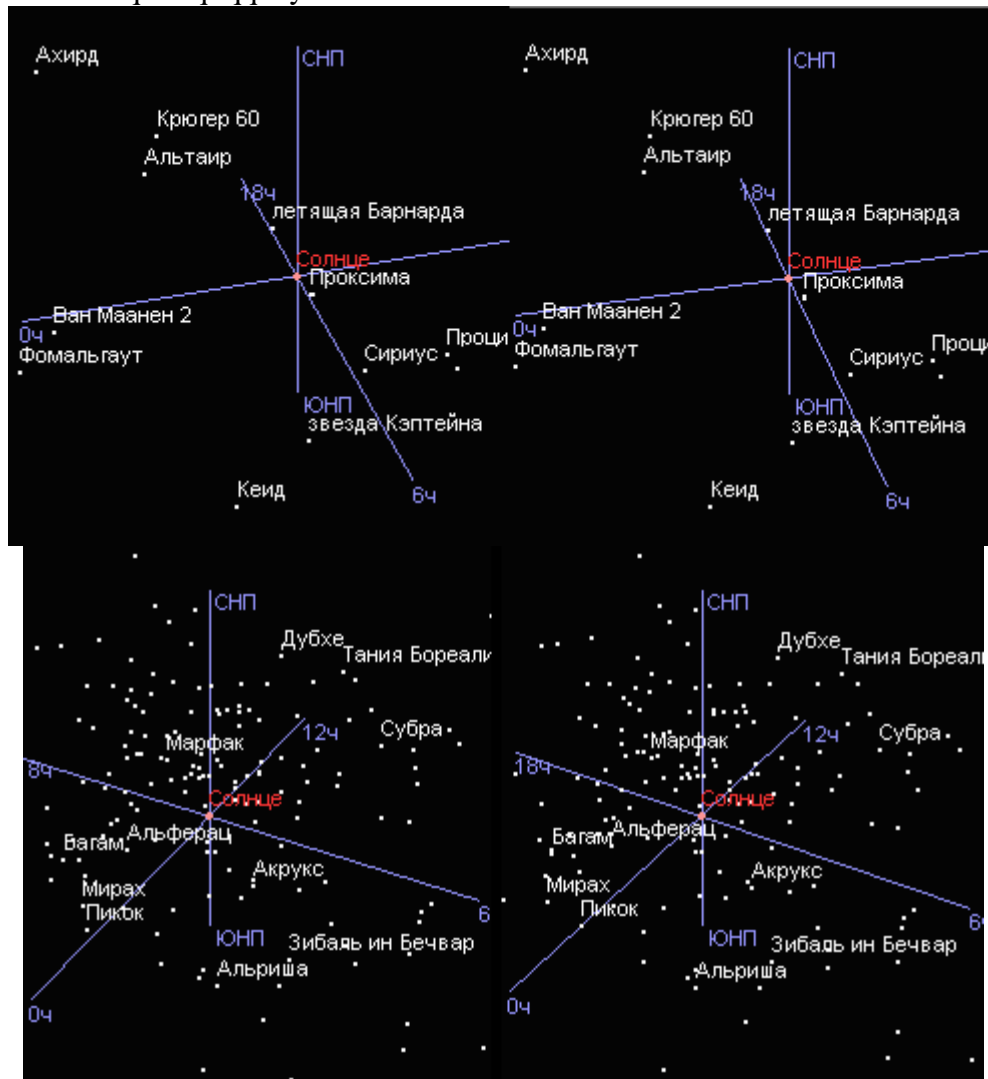
Bul misaldan juldızlardın' Jerden qanday mu'yeshlik o'lsheimler menen ha'm olardıń bir bi-ri menen soqlıg'ısıwının' itimallılıg'ının' qanshama kishi ekenligi ko'rinip tur. Qala berse, bun-day masshtablardag'ı Quyashtın' a'tıraptag'ı juldızlarğa salıstırg'andag'ı tezligi (20 km/s) 0.5 mm/saat g'ana boladı. Bunday tezlik penen ol bir jıl da tek 4.2 m ge ornın almastıradı. Juldızlar aralıq kashıqlıqlarg'a salıstırg'anda bul ju'da' kishi aralıq. Biraq Jerdegi sanalı tirishiliktin' jası menen salıstırg'anda bul ju'da' kishi kashıqlıq emes. Misalı 1 pk aralıqtı Quyashtan barı-jog'ı 49 mn' jıl da o'tedi.

Juldızlar bolsa bir birinen o'lsheimleri boyınsha ku'shli ajralıp turadı. Bızın' modelimizde Sirius 2.4 sm diametrge, al onın' joldası (aq irgejeyle) 0.3 mm lik diametrge iye. A'dettegi neytronlıq juldızdın' diametri 30 km, bızın' masshtablarımızda diametri 0.2 mkm bolg'an tu'yirshikke aylanadı. Bul shama jaqtılıq tolqınının' uzınlıg'ınan da kishi. Biraq ekinshi ta'repten qızıl gigant Arkturdın' diametri 26 sm ge, al qızıl asa gigant Betelgeyze diametri 9 m bolg'an sferag'a aylanadı. Biraq bul da shek emes. Ayırım juldızlar ushın qurılğan modeldin' diametri 27 mge jetedi (Uran orbitasının' o'lsheiminen azmaz kem)!

Galaktikanı ko'z aldımızg'a keltiriw ushın 1 sm de 1 pk masshtabtı qabil etemiz (1 : $3.1 \cdot 10^{18}$). Bunday jag'dayda Quyashtın' do'geregindegi juldızlar arasındag'ı ortasha qashıqlıq

1.5 sm di quraydi, al juldizlardin' o'zlerinin' o'lshemleri bolsa protonnin' o'lshemlerinen de ki-shi bolip qaladi.

Quyashqa en' jaqin juldizg'a shekemgi araliq (α TSentavra sisteması) 1.3 sm, Barnard juldizına shekem 1.8 sm, Siriusqa shekem 2.7 sm, Arkturg'a shekem 11 sm, Betelgeyzege shekem 2 m qashıqlıqqa iye bolamiz.



Bul stereoparada Quyashqa jaqin bolg'an (shama menen 10 pk ge shekemgi) juldizlardin' ken'isliktegi jaylasıwları be-rilgen.

Joqarıdag'ı su'wret Quyash-tan shama menen 100 pk shakle-rinde.

Juldizlardin' en' jaqin jıynag'ı (Giadlar) Quyashtan 40 sm qashıqlıqta jaylasadı. Onın' o'zinin' menshikli o'lsheми 13 sm di kuraydı. Tap sol sıyaqlı Pleyadalar dag'ı juldizlar jıynag'ına shekemgi qashıqlıq 1.3 m (onın' diametri 6.8 sm), χ ha'm h Per qos jıynag'ı 20 m ge jaylastırıwg'a tuwrı keledi (diametrleri 17 sm ha'm 14 sm). Gerkulestegi a'dettegidey shar ta'rizli jıynaqtın' diametri 23 sm bolıp, og'an shekemgi qashıqlıq 50 m. Liradag'ı «Ju'zik» dep atalıwshı planetalıq dumanlıq 2x3 mm o'lsheмge iye ha'm 7 m qashıqlıqta jaylasadı (tap sol sıyaqlı Orion dumanlıg'ının' o'lshemleri 5 sm bolıp 3.5 m qashıqlıqta, Krab ta'rizli dumanlıq 1 sm o'lsheмge iye bolıp 10 m qashıqlıqta jaylasadı).

Galaktikanın' orayın Quyashtan 100 m qashıqlıqta jaylastırıwg'a tuwra keledi. Bul oray Sgr A radioderegi bolıp tabıladi. Onın' intensivli qurawshılarının' biri 10 sm lik diametrge iye boladı ha'm o'zinin' ishine diametri ~ 1.5 sm bolg'an jaqtılı yadronı (kerndi) aladı. Olardın' barlıg'ı da Galaktikanın' sozilg'an yadrosı menen qorshalg'an (yarım ko'sherleri 11x11x5 m bolg'an). Ga-laktika disknin' radiusı 150 m ha'm onın' ishinde keminde u'sh spiral ta'rizli tarmaq boladı: bi-rinshisi Galaktikanın' orayına jaqını (Atqış jen'i), ortanshısının' shetinde Quyash sisteması jaylasadı (Orion jen'i), u'shinshisi sırtqısı Quyashtan ~ 40 m qashıqlıqta jaylasadı (Persy jen'i). Usılardın' barlıg'ı da radiusı 250 m den kem bolmag'an sferalıq juldizlıq galonın' ishinde jaylasadı. Al usı galodan 500-600 m bolg'an qashıqlıqta siyrek taj (korona) jaylasadı.

Galaktikalar du'nyasına o'tiw masshtabı 1 sm de 10 kpk ke shekem u'lkeytiw za'ru'rligin payda etedi ($1 : 3.1 \cdot 10^{22}$). Bunday jag'dayda bizin' Galaktikamızdın' o'zi diametri 3 sm ge ten' diskke, al taji menen birlikte diametri 10-12 sm bolg'an sharg'a aylanadı. Galaktikanın' joldasları U'lken ha'm kishi Magellan bultları sa'ykes 5.2 ha'm 7.1 sm qashıqlıqlarda bunnan da kishi o'lshemlerge iye (diametrleri 9 ha'm 3 mm), na rasstoyaniyax sootvetstvenno 5.2 ha'm 7.1 sm. M31 galaktikası (Andromeda dumanlıg'ı) diametri shama menen 10 sm bolg'an diskke aylanıp Galaktikanın' orayınan 70 sm qashıqlasqan ornıda jaylasadı. Barlıq jergilikli topar (30 lag'an galaktika) bunday masshtablarda diametri 2 m bolg'an sferada an'sat jaylasadı.

Qon'ısı galaktikalar toparlarının' en' jaqını Jergilikli topardan 2-5 m qashıqlıqta jaylasadı. Al bunnan 10-20 m sheklerinde bir neshe onlag'an usınday toparlar orın aladı. En' jaqın bolg'an galaktikalardıń iri jıynag'ı (Devadag'ı) 5 m lik diametrge iye (bul jıynaqqa 200 dey galaktika kiredi) ha'm bizin' Galaktikamızdan 20 m ge qashıqlasqan. Bul jıynaq asa jıynaq orayı dep boljanadı. Bul asa jıynaq shama menen 20000 galaktikalardı o'z ishine kamtıydı ha'm bizin' masshtabımızda 60 m ge ten' diametrge iye boladı.

Bizin' asa jıynag'ımız benen bir katarda basqa da asa jıynaqlar jaylasadı: Arıslanda (140 m qashıqlıqta) ha'm Gerkuleste (190 m). En' jaqın kvazardı (3S273, ol da Devada) 630 m qashıqlıqqa, al en' alıs kvazarlardı 3.7 km qashıqlıqqa qoyıwg'a tuwra keledi.

A'lemnin' waqıyalar gorizontına (14 mlrd. jaqtılıq jılı) bizin' keyingi modelimizde 4.6 km liq qashıqlıq sa'ykes keledi.

Pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamı astronomiyanın' en' bas nızamı sıpatında

Bul nızam İ.Nyuton ta'repinen 1687-jılı ta'jiriybelerde aling'an na'tiyjelerdi ulıwmalastırıw jolı menen ashılğ'an. Bul nızam boyınsha massaları m_1 ha'm m_2 bolg'an qa'legen eki noqatlıq dene bir biri menen

$$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2 \quad (1)$$

ku'shi menen tartıladı. Bul an'latpada r arqalı deneler arasındag'ı qashıqlıq, G arqalı gravitatsiya turaqlısı belgilengen. Massası m_1 bolg'an deneden r qashıqlıg'ında turg'an massası m_2 bolg'an dene alatug'ın tezleniw mınag'an ten':

$$a_2 = F/m_2 = G \cdot m_1 / r^2. \quad (2)$$

Nızam massası sferalıq simmetriyag'a iye bolıp tarqalg'an deneler ushın durıs. Bunday jag'dayda r sonday denelerdin' orayları arasındag'ı kashıqlıq bolıp tabıladı. Sferalıq emes deneler ushın nızam juwıq tu'rde orınlanadı. Sonın' menen birge deneler arasındag'ı qashıqlıq olardıń o'lshemlerinen qansha u'lken bolsa nızam da sonshama u'lken da'llikte durıs orınlanadı.

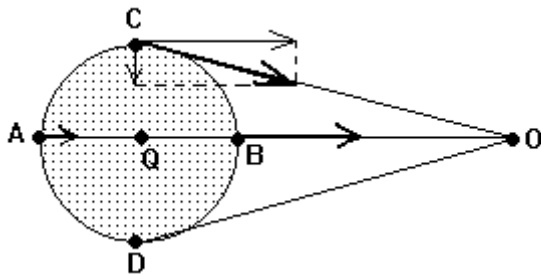
Bul aytılg'anlardın' barlıg'ı da fizikanın' mektep kursınan belgili. Biraq usıg'an qaramastan biz to'mendegi jag'daylardı esapqa alıwımız za'ru'r.

(1) ge sa'ykes tartılıs ku'shi massalarg'a tuwrı proporsional, al qashıqlıqtın' kvadratına kerı proporsional. Biraq massa denenin' sıızqlı o'lsheminin' kubına tuwrı proporsional. Demek, eger tıg'ızlıqların o'zgertpey denelerdin' o'lshemin de, olar arasındag'ı qashıqlıqlardı da (mısalı) 10 ese arttırsa, onda denelerdin' massaları 1000 ese artadı, al qashıqlıqtın' kvadratı bolsa tek 100 ese artadı. Sonlıqtan tartılıs ku'shi 10 esa artadı! Yag'nıy masshtab u'lkeygende massa qashıqlıqtın' kvadratınan 10 ese tezirek artadı degen so'z. Gravitatsiya turaqlısınin' ma'nisinin' ju'da' kishi bolg'anlıg'ınan Jerdin' betinde jaylasqan ayırım deneler arasındag'ı tartılıs Jerdin' o'zi menen tartılısqa salıstırg'anda og'ada az. Biraq planetalar aralıq masshtablarda (ju'zlegen million kilometrlerde) massanın' u'lkeyiwi G nin' kishi ma'nisin kompensatsiyalaydı ha'm gravitatsiya bas ku'shke aylanadı.

Masshtablar kishireygende kerı effekt baqlanadı. Bul biologiyadan da belgili. Mısalı adamnıń o'lshemlerin qumırısqańnıń o'lshemlerine shekem kishireytsek (yag'nıy ju'z ese), onın' massası million ese kemeyedi. Al bulshıq etlerdin' ku'shi olardıń kese-kesimine (yag'nıy sıızqlı o'lsheminin' kvadratına) proporsional bolg'anlıqtan, bul ku'shtin' shaması tek 10 000 ese kishireydi (demek ku'shten 100 ese utamız). Usı jerde nasekomalardıń iri haywanlarg'a

salıstırg'anda to'menletilgen gravitatsiyada jasaytug'ınlıg'ına ko'z jetkeriw mu'mkin. Sonlıqtan eger qumırısqañı pildey o'lshemlerge u'lkeytsek qanday ku'she iye bolar edi dep soraw qoyıw ma'nissizlikke alıp keledi. Nasekomalardıñ (barlıq kishi haywanlardıñ) denelerinin' qurılısı kishi tartısıw ushın optimallasqañ. Sonlıqtan nasekomanın' ayag'ı artıq salmaqtı ko'termeydi. Demek salmaq ku'shleri Jer betinde jasawshı haywanlardıñ o'lshemlerine shek qoyadı ha'm olardıñ en' irileri (mısalı dinozavrlar) o'mirinin' ko'p bo'limin suwda o'tkergeñ bolsa kerek.

Tiri du'nyadag'ı ushıwshılıq qa'biletlik te denenin' massası menen sheklengen. Bulshıq etlerdin' ku'shi menen birge qanattın' maydanı da sızıqlı o'lshemlerge proporsional o'sedi. Yag'nıy massanın' bazı bir sheklerinde ushıw mu'mkin bolmay qaladı. Massanın' bul kritikalıq ma'nisi shama menen 15-20 kg dı kuraydı (bul en' awır kuslardıñ massası). Sonlıqtan a'yyemgi gigant kesirtkelerdin' uzaq aralıqlarg'a ushqanlıg'ı haqqındag'ı mag'lıwmatlardıñ durısılg'ı gu'ma'n payda etedi. Olardıñ qanatları tek bir terekten ekinshi terekke sekirgende ja'rdem bergeñ bolsa kerek.



1-su'wret. Tasıw ku'shleri.

Endi astronomiyag'a qayıtıp kelemiz.

Eger O denesinin' salmaq ku'shinin' orayı Q noqatında jaylasqañ o'lshemlerge iye denegge ta'sirin ko'retug'ın bolsaq (1-su'wret) denenin' ha'r kıylı bo'limlerine ha'r qıylı ku'shlerdin' ta'sir etetug'ınlıg'ın ko'riwge boladı. En' jaqın jaylasqañ V noqatı alısta jaylasqañ A noqatına salıstırg'anda qashıqlıqlardıñ ha'r qıylı bolg'anlıg'ınan u'lkenirek ku'sh ta'sir etedi. Sonlıqtan sol eki denenin' orayların tutastırıwshı QO sızıg'ı boyınsha O denesi AV kesindisin keriwge tırsadı. OQ sızıg'ınan qashıqlasqañ S ha'm D noqatlarına tartısıw ku'shleri QO sızıg'ına belgili bir mu'yesh penen ta'sir etedi. Sonlıqtan bul ku'shti eki kurawshıg'a jiklewge boladı: birinshi qurawshısı QO bag'ıtına parallel, al ekinshisi og'an perpendikulyar – Q denesinin' orayı bag'ıtında. Yag'nıy OQ ko'sherinde jatpaytug'ın denelerge usı ko'sherge perpendikulyar bag'ıtta qısatug'ın ku'shler ta'sir etedi eken. Bul keriw ha'm qısılıw ku'shlerin tasıw ku'shleri dep ataymız². Ay ta'repinen Jerge usınday ku'shlerdin' ta'sir etiwı tasıwlar menen qayıtıwları payda etedi.

Jer betindegi tasıw tolıqınının' biyikligin anıqlaw ushın esaplawlar ju'rgizemiz. A'piwayılıq ushın Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde aylanısın esapqa almaymız ha'm Jerdin' sferalıq emes ekenligin Aytın' tartısıwına baylanıslı dep qabil etemiz. Jerdin' orayınan r qashıqlıg'ında Jer betinde Ayg'a qaray bag'ıtqa perpendikulyar ha'm parallel jaylasqañ ha'r bir elementer ko'lemnin' salmaqların qosıp mınag'an iye bolamız:

$$m \cdot g_p(r) = m \cdot g_l(r) - G \cdot m \cdot M_l / b^2. \quad (3)$$

Bul an'latpada $g_p(r)$ arqalı Ayg'a perpendikulyar bag'ıttag'ı radius boyınsha erkin tu'siw tezleniwi, $g_l(r)$ arqalı Ayg'a karay bag'ıtlang'an radius bag'ıtındag'ı erkin tu'siw tezleniwi, M_l arqalı Aydn' massası, b arqalı Ay orbitasının' u'lken yarım ko'sheri a menen r radius-vektori arasındag'ı ayırmag'a ten' Ayg'a shekemgi aralıq. Erkin tu'siw tezleniwinin' r den g'a rezliligi eki radiusta da birdey: $g_p(r) = g_l(r) = GM/r^2$, bul jerde M arqalı r radiusı ishindegi massa belgilengen: $M(r) = \rho \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^3 / 3$ (ρ zattın' tıg'ızlıg'ı). Usılardıñ barlıg'ın da (3)-ten'lemege qoysaq, bunnan keyin m ha'm G ge kısıqartsaq ha'm Jerdin' barlıq radiusı boyınsha integrallasaq mınag'an iye bolamız:

² «Tasıw ku'shleri» (orısshası «prilivnie silı») ten'izler menen okeanlardıñ bir sutka ishindegi tasıwları ha'm kaytıwlarına baylanıslı payda bolg'an.

$$R_p^2 = R_l^2 - M_l/2/\pi/\rho^*(1/a - 1/(a-R_l)). \quad (4)$$

Eger usı an'latpag'a Jerdin' radiusın, Aydın' massası menen orbitasınıñ u'iken yarım ko'sherinin' ma'nislerin qoysaq $R_l - R_p \sim 7.3$ m shaması alınadı. Bul shama haqıyqıy tasıw tolqınıñın' shamasınan a'dewir u'iken. Biraq haqıyqatında Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde aylanıwın' sebebinen onıñ qattı qabıg'ı o'zinin' formasın o'zgeritip u'lgere almaydı ha'm sonlıqtan tasıw tolqınıñ tiykarınan hawa ha'm suw qatlarnı payda etedi dep boljaw kerek³.

Planeta ushın tasıw ku'shleri usı planetag'a basqa iri aspan denesinin' (mısalı usı planetanın' joldasınıñ) en' jaqın keliw aralıg'ın anıqlaydı. Bul qubılıs Shumeykerler-Levi kometasınıñ' Yupiterge qulap tu'siwinde ju'da' effektiv tu'rde ko'rindi. Usı qulap tu'siwde kometanın' yadrosı og'ada ko'p sanlı bo'leklerge bo'lindi. Tasıw ku'shlerinin' ta'sirinde joldastın' qıyramay qalatug'ın shen'ber ta'rizli orbitanın' minimallıq radiusın Rosh shegi dep ataydı. Eger joldastın' massası planetanın' massasınan a'dewir kishi bolsa, Rosh shegi a_R din' planetanın' radiusı R den, joldastın' tıg'ızlıg'ı ρ_s ha'm planetanın' tıg'ızlıg'ı ρ_p den g'a'ezliligi mına tu'rge iye boladı:

$$a_R = 2.46 * (\rho_s / \rho_p)^{1/3} * R \quad (5)$$

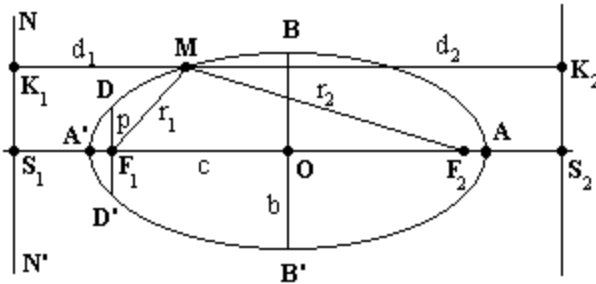
Radiusı a_R bolg'an sfera ishinde deninin' payda bolıwı ushın zattın' kondensatsiyası da orın almaydı. Gigant planetalardıñ saqıynaların' payda bolıw sebebi de usınnan bolsa kerek dep boljaymız.

Planetaların' qozg'alıs nızamları

Konuslıq kesimler

Konuslıq kesimler astronomiyada og'ada a'hmiyetli orındı iyeleydi. Sonlıqtan og'an u'iken itibar beriwimiz kerek.

Konuslıq kesimler tuwrı do'n'gelek konus tegislik penen kesiskende payda boladı. Bunday kesimlerde ekinshi ta'rtpili iymeklikler kiredi: ellips, parabola ha'm giperbola. Bul iymekliklerdin' barlıg'ı da noqatlardıñ geometriyalıq ornı bolıp, usı noqatlardan berilgen noqatqa (fokusqa) ha'm berilgen tuwrıg'a (direktrisag'a) shekemgi qashıqlıqlardıñ katnası eksentritet e ge ten' turaqlı shama boladı. Eger $e < 1$ bolsa ellips, $e = 1$ de parabola, $e > 1$ de giperbola alınadı.



1-Su'wret. Ellips.

Ellips 1-su'wrette ko'rsetilgen. A, A', B, B' noqatları ellipstin' to'beleri, O orayı, AA' – u'iken ko'sheri $|OA| = |OA'| = a$ (a arqalı u'iken yarım ko'sher belgilengen), BB' kishi ko'sher $|OB| = |OB'| = b$ (b arqalı kishi yarım ko'sher belgilengen), F1 ha'm F2 arqalı ellipstin' ko'sherleri belgilengen (u'iken ko'sherdin' boyında jatqan, ellipstin' orayman eki ta'rep boyınsha $s = (a^2 - b^2)^{1/2}$ qashıqlıqta jaylasqan), $e = c/a$ eksentrisitet ($e < 1$), $|F_1D| = |F_1D'| = p = b^2/a$ arqalı fokallıq parametr an'latılğ'an (fokus arqalı kigi ko'sherge parallel etip ju'rgizilgen xordanın' yarımı). Demek ellips dep fokusları dep atalatug'ın eki noqattan (F1 ha'm F2 noqatları) qashıqlıqlarının' qosındısı turaqlı shama bolıp qalatug'ın noqatlardıñ geometriyalıq ornına aytadı ekenbiz: $r_1 + r_2 = |AA'| = 2a$.

Direktrisalar dep kishi ko'sherge parallel ha'm onnan $|OS_1| = |OS_2| = d = a/e$ qashıqlıg'ında jaylasatug'ın tuwrılarg'a aytamız. Eger ellipstin' qa'legen iqtıyarlı M noqatınan direktrisalarğ'a

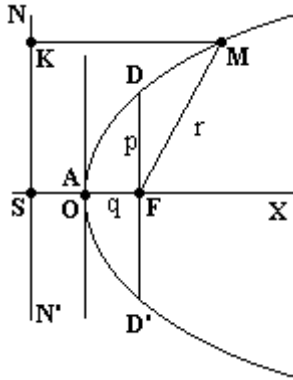
³ Haqıyqatında da Jerdin' qattı qabıg'ının' tasıw amplitudası 1 metrden artpaydı.

shekemgi qashıqlıqtı $|MK_1| = d_1$ ha'm $|MK_2| = d_2$ dep belgilesek, onda ellipstin' qa'legen M noqatı ushın $r_1/d_1 = r_2/d_2 = e$ qatnası orınlanadı.

Ellipstin' sheklik jag'dayı shen'ber bolıp tabıladı. Shen'berdi fokusları orayında bir noqatta jaylasqan ellips dep karaw mu'mkin. Sonın' ushın shen'ber ushın

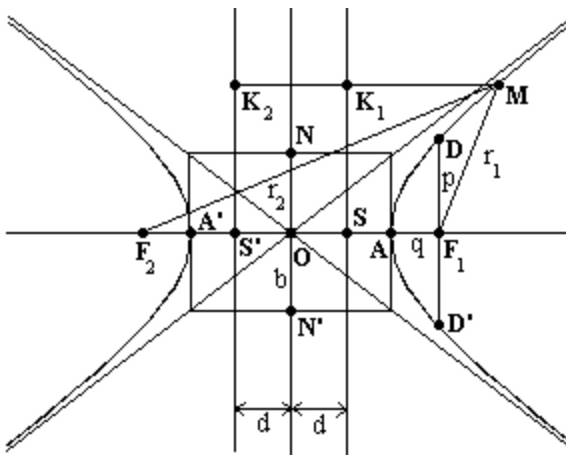
$$\begin{aligned} s &= 0, \\ a &= b = r_1 = r_2 = p, \\ e &= 0 \end{aligned}$$

Shen'ber ushın direktrisalar anıqlanbag'an.



2-su'wret. Parabola.

Parabola 2-su'wrette ko'rsetilgen. OX parabolannın' ko'sheri, O to'besi, F - fokus (to'besinen $p/2$ qashıqlıg'ında orınlalasqan noqat), NN' - direktrisa (ko'sherine perpendikulyar ha'm onı fokusınan qarama-qarsı ta'repinde to'besinen $|OS| = p/2$ qashıqlıg'ındag'ı noqat arqalı ju'rgizilgen tuwrı), p – fokallıq parametr (fokustan direktrisag'a shekemgi qashıqlıq yamasa fokus arqalı ko'sherge perpendikulyar ju'rgizilgen DD' xordasının' yarımı). Parabola berilgen noqattan (fokustan) ha'm berilgen tuwrıdan (direktrisadan) birdey qashıqlasqan noqatlardıń geometriyalıq ornı bolıp tabıladı: $|MF| = r = |MK|$. Sonlıqtan parabola ushın ekstsentrısitet $e = 1$.



3-su'wret. Giperbola.

Giperbola 3-su'wrette keltirilgen. $AA' = 2a$ haqıyqıy ko'sher, A, A' to'beleri, O orayı, F_1 ha'm F_2 fokusları (haqıyqıy ko'sherde, oraydın' eki ta'repinde sol oraydan $s > a$ qashıqlıg'ında jatqan noqatlar), NN' jormal ko'sher ($|NN'| = 2b = 2\sqrt{c^2 - a^2}$), $p = b^2/a$ fokallıq parametr (haqıyqıy ko'sherine perpendikulyar bag'ıtta fokus arqalı ju'rgizilgen xordanın' yarımı). Giperbolannın' ekstsentrısiteti $e = c/a > 1$. Giperbola berilgen eki noqattan (fokuslardan) qashıqlıqlarının' ayırması turaqlı ha'm $2a$ g'a ten' noqatlardıń geometriyalıq ornı sıpatında anıqlanadı.

Direktrisalar haqıyqıy ko'sherge perpendikulyar ha'm oraydan $d = a/e$ qashıqlıg'ında jaylasqan tuwrılar bolıp tabıladı. Giperbolannın' qa'legen M noqatı ushın $r_1/d_1 = r_2/d_2 = e$ qatnası orınlanadı ($d_1 = |MK_1|$ ha'm $d_2 = |MK_2|$).

Kepler nızamları

Planetaların quyashtın' do'regeginde qozg'alıwın u'sh nızamı XVII a'sirdin' basında nemis astronomı İ.Kepler ta'repinen empirikalıq (ta'jiriybelerdin' na'tiyjelerin ulıwmalastrıw) jolı menen ashıldı ha'm sonlıqtan olar Kepler nızamları dep ataladı. Bul nızamlar İ.Nyuton ta'repinen pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamın ashıwda anıqlawshı orındı iyeledi ha'm ulıwmalasqan ha'm da'lligi arttırılǵan tu'rde aspan mexanikasına kirdi. Usınday formada Kepler nazamları grivitatsiyalıq jaqtan baylanısqa eki denenin' orbitasın ta'ripleydi (eki dene ma'selesı). Sol eki denege basqa denelerdin' ta'siri tiymeydi dep esaplanadı.

Kepler nızamlarının' mazmunı to'mendegilerden ibarat:

1-nızam. Qozg'alıwshı denenin' orbitası ekinshi ta'rtpi iymeklik bolıp tabıladı (ellips, parabola yamasa giperbola), fokusların' birinde tartıw ku'shinin' orayı jaylasadı (yamasa sistemanın' massa orayı).

2-nızam (ten'dey maydanlar nızamı). Basqa denelerdin' (u'shinshi, to'rtinshi h.b.) ta'siri bolmag'an jag'daylarda qozg'alıwshı denenin' radius-vektori basıp o'tetug'ın maydannın' shaması waqıtqa proporsional boladı (birdey waqıt aralıqlarında birdey maydandı basıp o'tedi).

3-nızam. Bul nızam tek ellips ta'rizli orbitalar ushin qollanıladı ha'm ulıwmalastrılǵan tu'rde bılay ayıladı: Quyashtın' do'gereginde aylanıwshı eki planetanın' aylanıw da'wirleri T_1 ha'm T_2 lardin' kvadratların' sol planetaların' massaları (sa'ykes M_1 ha'm M_2) menen Quyashtın' massasına (M_S) qosındısına ko'beymelerinin' qatnasları u'ken yarım ko'sherlerdin' kubların' qatnaslarınday:

$$T_1^2 * (M_1 + M_S) / T_2^2 * (M_2 + M_S) = a_1^3 / a_2^3 \quad (1)$$

Bul nızamda massaları M_1 ha'm M_2 bolǵan deneler arasındag'ı ta'sirlesiw esapqa alınbaydı. Eger sol denelerdin' massaların Quyashtın' massasına salıstırǵanda ju'da' kishi dep esaplasa ($M_1 \ll M_S$, $M_2 \ll M_S$), İ.Keplerdin' o'zi ta'repinen keltirilip shıǵarılǵan 3-nızamnın' formulirovkası alınadı:

$$T_1^2 / T_2^2 = a_1^3 / a_2^3 \quad (2)$$

Keplerdin' 3-nızamnı planetanın' massası M , aylanıw da'wiri T , orbitasın u'ken yarım ko'sheri a arasındag'ı g'a'ezlilik sıpatında ko'rsetiwge boladı (G gravitatsiya turaqlısı):

$$a^3 / T^2 * (M + M_S) = G^2 / (4 * \pi^2) \quad (3)$$

Biraq bir eskertiwdi keltirip o'tiw kerek. A'piwayılıq ushin bir deneni ekinshi dene a'tirapında aylanadı dep esaplaydı. Bul jag'day bir denenin' massasın ekinshi denenin' massası (tartıwshı oray) qasında esapqa almawǵa bolatug'ın bolǵanda g'ana durıs. Eger massalardıń shamarları bir birine jaqın bolsa massası kishi bolǵan denenin' massası u'ken bolǵan denege ta'sirin esapqa alıw kerek. Bası eki denenin' massaların' orayında jaylasqa koordinata sistemasında eki denenin' orbitaları da konuslıq kesimler bolıp tabıladı. Bul kesimler bir tegislikte jatadı, fokusları massalar orayında jaylasadı, olardıń ekstsentrısitetleri birdey boladı. Ayırma tek orbitalardıń sıziqlı o'lsheplerinde boladı (denelerdin' massaları ha'r qıylı bolatug'ın bolsa). Qala berse qa'legen waqıt momentinde massalar orayı denelerdin' orayların tutastıratug'ın tuwrının' boyınsha jaylasadı, al massaları M_1 ha'm M_2 bolǵan denelerdin' orayları r_1 ha'm r_2 ge shekemgi qashıqlıqlar to'mendegidey qatnaslar menen baylanısqa:

$$r_1 / r_2 = M_2 / M_1$$

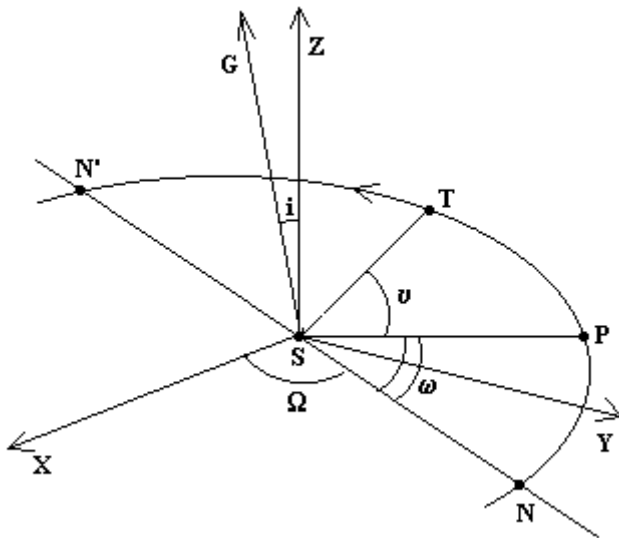
Sol deneler orbitalar tuyıq bolǵan jag'daylarda o'zlerinin' periorayları menen apoorayların bir waqıtta o'tedi.

Orbitalar elementleri

Orbitanın' elementleri aspan denesinin' orbitasın u'lsheplerin, ken'isliktegi bag'ıtların, sonın' menen birge sol aspan denesinin' orbitadag'ı iyelep tug'an ornın ta'ripleydi.

Denenin' orbitasın tartıwshı orayǵa (fokusqa) en' jaqın noqatı perioray, al en' alıs noqatı (tek ellipste) apooray dep ataladı. Eger tartıwshı dene Jer bolsa bul noqatlar sa'ykes perigeıy

ha'm apogey, Quyash bolsa perigeliy ha'm afeliy, eger iqtıyarlı juldız bolsa periastr ha'm apoastr dep ataladı. Pereoraydı fokus penen tutastırıwshı tuwrı (ellipstin' u'lken ko'sheri, parabolanın' ko'sheri yamasa giperbolanın' haqıyqıy ko'sheri) apsid sıızıg'ı dep ataladı.



4-su'wret. Orbitanın' elementleri.

Orbitanın' ken'isliktegi orientatsiyasın ta'riplew ushın bası orbita fokusu S penen bir noqatta jaylasqan bazalıq koordinatalar sistemasın qabıl etiw kerek. Bazalıq koordinatalar sisteması XSY bazalıq tegislik penen ta'riplenedi (4-su'wret). Jerdin' jasalma joldaslarının' qozg'alısların u'yrengendegi bazalıq tegislik retinde a'dette Jer ekvatorı tegisligin kabil etedi, al planetalardıń Quyash do'gereginde aylanısların izertlegende ekliptika tegisligi, al juldızlar astronomiyasında galaktikalar tegisligi qabıl etiledi. SX ko'sheri baslang'ısh bag'ıt bolıp tabıladı. Quyash sistemasındag'ı orbitalar ushın bul bag'ıt retinde a'dette ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatına karay bag'ıtlang'an bag'ıt qabıl etiledi.

NPN' orbita tegisliginin' (P orbitanın' periorayı) bazalıq tegislik XSY penen kesilisiw tuwrısı NSN' tu'yinler sıızıg'ı dep ataladı. Dene $z < 0$ oblastınan $z > 0$ oblastına o'tetug'ın bag'ın tu'yinler sıızıg'ındag'ı on' bag'ıttı ko'rsetedi. Eger orbitanın' polyusı G dan baqlaw ju'rgizilgende T aspan denesi saat strelkasının' bag'ıtına qarama-qarsı bag'ıtta qozg'alatug'ın bolsa, onda N noqatı orbitanın' shıg'ıw tu'yini (vosxodyashiy uzal), al N' noqatı orbitanın' batıw tu'yini (niskodyashiy uzal) dep ataladı. Bazalıq tegisliktin' da'slepki bag'ıtı SX penen tu'yinler sıızıg'ı SN nin' on' bag'ıtı arasındag'ı mu'yesh Ω shıg'ıwshı tu'yinnin' uzınlıg'ı (dolgota vosxodyashego uzla) dep ataladı ha'm SX ko'sherinen SY ko'sheri ta'repke 0° tan 360° qa shekem o'lsenedi.

Orbita tegisligi menen bazalıq tegislik arasındag'ı mu'yesh i orbitanın' en'keyiw (naklonenie orbitı) dep ataladı ha'm 0° den 180° qa shekemgi ma'nislerdi qabıl etedi. $0^\circ \leq i < 90^\circ$ de qozg'alıstı tuwrı, al $90^\circ < i \leq 180^\circ$ degi qozg'alıstı kerı dep esaplaydı.

SP apsid sıızıg'ı menen SN tu'yinler sıızıg'ı arasındag'ı mu'yesh ω peritsentr argumenti dep ataladı. Bul mu'yesh denenin' qozg'alıs bag'ıtında o'lsenedi ha'm 0° ten 360° qa shekemgi ma'nislerdi qabıl etedi. Bir qansha jag'daylarda ω mu'yeshinin' ornına peritsentrın' uzınlıg'ı (dolgota peritsentra) dep atalatug'ın π mu'yeshin qollanadı. Bul mu'yesh bazalıq tegislikte SX ko'sherinen baslap SN tu'yinler sıızıg'ına shekem, bunnan keyin orbita tegisliginde SP apsidler sıızıg'ına shekem o'zgeredi. Sonlıqtan $\pi = \Omega + \omega$.

Orbitanın' o'lsheimi menen onın' forması e ekstsentriteti ha'm fokallıq parametr r ja'rdeminde anıqlanadı. Parabola ushın r nın' ornına bir kansha jag'daylarda $q=p/2$ perigeliylik qashıqlıq kollanıladı (perioraydan orbita fokusna shekemgi aralıq). Orbitanın' ekstsentritetin geyde ekstsentritet mu'yeshi $e = \sin(\varphi)$ formulası ja'rdeminde anıqlanatug'ın φ menen almastradı.

T aspan denesinin' bazı bir waqıt momenti t dag'ı awhalı denenin' radius-vektori ST menen apsidler sıızıg'ı arasındag'ı mu'yesh v ja'rdeminde anıqlanadı. Bul v mu'yeshi t da'wirindegi

haqıyqıy anomaliya dep ataladı. Ko'pshilik jag'daylarda element sıpatında denenin' orbita periorayı R arqalı o'tiw waqıtının' momenti τ qollanıladı.

Joqarıda keltirilgen r, e, i, Ω, ω ha'm τ elementleri orbitanın' Kepler elementleri dep ataladı ha'm orbitanı onın' tipinen (elliptikalıq, parabolalıq yamasa giperbolalıq) g'a'rezsiz tolıq anıqlaydı.

Ulıwma jag'dayda vozmusheniesiz qozg'alis energiyanın' saqlanıw nızamı tiykarında anıqlanadı, yag'nıy $E_k + E_p = \text{sonst.}$ Bul an'latpadag'ı gde $E_k = m \cdot V^2 / 2$ massası m bolg'an, V tezligi menen qozg'alıwshı denenin' kinetikalıq energiyası, $E_p = - G \cdot M \cdot m / r$ massası m bolg'an, M massalı deneden r qashılıq'ında turg'an denenin' potentsial energiyası.

Energiyanın' saqlanıw nızamın bilayınsha jazıwg'a boladı:

$$h = V_0^2 - 2 \cdot GM / r_0 \quad (4)$$

Konstanta h energiya turaqlısı dep ataladı ha'm da'slepki radius-vektor r_0 menen da'slepki tezlik V_0 den g'a'rezli. Eger $h < 0$ bolsa ($V_0^2 < 2 \cdot GM / r_0$) denenin' kinetikalıq energiyası gravitatsiyalıq baylanıstı basıp o'tiwge jetpeydi (denenin' radius-vektori joqarıdan sheklengen) ha'm usıg'an sa'ykes tuyıq, ellips ta'rizli orbita boyınsha aylanıs orın aladı. Bunday qozg'alıstı mayatniktin' qozg'alısı menen salıstırıp ko'riw mu'mkin – bul jag'dayda ko'teriliw barısında kinetikalıq energiyanın' potentsial energiyag'a aylanıw, al tu'siw barısında keri o'tiw ju'zege keledi. Eger $h = 0$ ($V_0^2 = 2 \cdot GM / r_0$) bolsa radius-vektor sheksiz u'lken shamag'a o'skende tezlik nolge shekem kishireyedi (parabola boyınsha qozg'alıs). Al $h > 0$ ($V_0^2 > 2 \cdot GM / r_0$) bolg'an jag'daylarda kinetikalıq energiya gravitatsiyalıq baylanıstı basıp o'tiwge jetkilikli ha'm tartıwshı deneden sheksiz u'lken qashılıqta denenin' qashıqlasıw tezligi nolge ten' bolmaydı. Bul giperbola boyınsha qozg'alıs bolıp tabıladı.

(4)-ten'lemeden gravitatsiya payda etiwshi orayg'a jakınlasqanda denenin' orbitalıq tezliginin' artatug'ınlig'ı, al qashıqlasqanda kishireyetug'ınlig'ı ko'rinip tur. Bul Keplerdin' ekinshi nızamına tolıq sa'ykes keledi.

Shen'ber ta'rizli orbita boyınsha qozg'alıs

Shen'ber ellipstin dara jag'dayı ($e = 0$) bolsa da shen'ber ta'rizli orbita boyınsha qozg'alıstı ta'riplew barlıg'ınan da a'piwayıraq. Bul jag'dayda putkil du'nyalıq tartılıs nızamı boyınsha massası M bolg'an oraylıq deneden r qashılıq'ında turg'an massası m bolg'an deneg'e $F = G \cdot M \cdot m / r^2$ (G - gravitatsiya turaqlısı) tartılıs ku'shi ta'sir etedi. Bul ku'sh oraydan qashıwshı ku'sh $F' = m \cdot \omega^2 \cdot r$ penen ten'lesedi (ω arqalı massası m bolg'an denenin' mu'yeshlik tezligi belgilengen). Aylanbalı qozg'alıs ushın r o'zgerissiz qaladı ha'm sonlıqtan F ku'shi shaması boyınsha o'zgerissiz qaladı. Bul mu'yeshlik tezlikтин' de o'zgermey qalatug'ınlig'ın bildiredi. Sızıqlıq tezlik $V = \omega \cdot r$ (bul da turaqlı). Sonın' ushın $F = F'$ ten'liginen

$$V_1 = (G \cdot M / r)^{1/2} \quad (5)$$

formulası alınadı.

V_1 tezligi shen'ber ta'rizli yamasa birinshi kosmoslıq tezlik dep ataladı. Massası m bolg'an dene shen'ber ta'rizli orbita boyınsha bir ret aylanıp shıg'atug'ın da'wir T radiusı r bolg'an shen'berdin' uzınlıg'ın V_1 ge bo'liw arqalı alınadı, yag'nıy

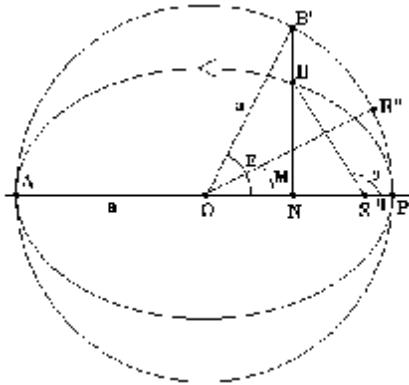
$$T = 2 \cdot \pi \cdot r / V_1 = 2 \cdot \pi \cdot r^{3/2} \cdot (G \cdot M)^{-1/2}. \quad (6)$$

Eger (5) ha'm (6) g'a Jerdin' massası menen radiusın qoyatug'ın bolsaq, onda $V_1 = 7.905$ km/s ha'm $T = 84.49$ minut ekenligine iye bolamız. Biraq, mısalı, «Mir» stantsiyasının' orbitası ushın Jerdin' radiusınan 400 km u'lken qashılıqta alamız. Sonlıqtan «Mir» stantsiyası ushın $V_1 = 7.688$ km/s ha'm $T = 92.57$ minut.

Geostatsionar joldas ushın ($T = 24$ saat) $r = 42240.6$ km ha'm $V_1 = 3.07$ km/s. Ay ushın ($r = 380000$ km) $V = 1.024$ km/s ha'm $T \sim 27$ sutka. Bul shama haqıyqıy ortasha shamag'a jaqın (Aydın' orbitasının' shen'ber ta'rizli emes ekenligin umıtpawımız kerek).

Ellips ta'rizli orbita boyinsha qozg'alıs

Ellips ta'rizli orbita boyinsha qozg'alıslardı ta'riplew ushın bir katar arnawlı parametrler za'ru'rli boladı. 5-su'wrette mınaday belgilewler kirgizilgen: S – ellips fokusi, O – onın' orayı, R – perioray, A – apooray, $q = |SP|$ – perioraydag'ı aralıq, $a = |OA|$ – u'iken yarım ko'sher. Iqtıyarlı V noqatı ushın t waqıt momentinde SB radius-vektori menen periorayg'a bag'ıt SP arasındag'ı mu'yesh haqıyqıy anomaliya ν dep ataladı.



5-su'wret. Ellips ta'rizli orbitanın' parametrleri.

Endi radiusı a bolg'an orayı ellipstın' orayı O noqatında jaylasqan shen'ber ju'rgizemiz ha'm V noqatınan AP apsid sızig'ına BN perpendikulyarın ju'rgizemiz. Bul perpendikulyardıń dawamı shen'berdi B' noqatında kesedi. Ellipstın' O orayındag'ı OB' tuyarısı menen apsid sızig'ı arasındag'ı mu'yesh E **eksoraylıq anomaliya mu'yeshi** dep ataladı. Haqıyqıy anomaliya sıyaqlı E 0° den 360° qa shekem qozg'alıs bag'ıtında o'zgeredi.

Eger T arqalı B noqatının' ellips ta'rizli orbita boyinsha tolıq aylanıw waqtın belgilesek (aylanıw da'wiri), onda bılayınsha jaza alamız: $360^\circ = nT$ yamasa $n = 360^\circ / T$. Bul jerde n arqalı qozg'alıwshı noqattın' ortasha mu'yeshlik tezligi belgilengen. Onı **ortasha qozg'alıs** dep ataymız. Endi a radiusına iye shen'ber boyinsha qozg'alıwshı bazı bir (haqıyqıy emes) B'' noqatın ko'z aldımızg'a elesleteyik. Bul noqat n mu'yeshlik tezligi menen qozg'alsın ha'm P (perioray) arqalı ellips ta'rizli orbita boyinsha kozg'alatug'ın V noqatı menen bir waqıtta o'tetug'ın bolsın. Bul haqıyqıy emes noqattın' OB'' radius-vektori ha'm perioray OR bag'ıtı arasındag'ı mu'yesh M **ortasha anomaliya** dep ataladı ha'm V noqatının' qozg'alıs bag'ıtında 0° tando 360° qa shekem o'zgeredi. A'lbette, iqtıyarlı t waqıt momenti ushın ortasha anomaliyanı ortasha qozg'alıs n ha'm perioraydın' o'tiw waqtı τ menen an'latıw mu'mkin: $M = n(t - \tau)$. Eger $t = \tau$ bolsa (perioraydın' o'tiw waqtı) $\nu = E = M = 0^\circ$, al $t = \tau + T/2$ de (apooraydın' o'tiw waqtı) $\nu = E = M = 180^\circ$.

Joqarıda esletilip o'tilgenindey, ellips ta'rizli orbita boyinsha kozg'alıs $V_0^2 < 2*GM/r_0$ sha'rti orınlang'anda ju'zege keledi. Ellips ta'rizli orbitanın' ha'r qıylı parametrleri arasındag'ı baylanıslar to'mendegidey qatnaslar menen beriledi:

1. Eksoraylıq anomaliya E ha'm ortasha anomaliya M (Kepler ten'lemesi) arasındag'ı baylanıs

$$E - e \cdot \sin(E) = M. \quad (7)$$

2. Qozg'alıwshı denenin' radius-vektori r menen eksoraylıq anomaliya arasındag'ı

$$r = a(1 - e \cdot \cos(E)). \quad (8)$$

3. Tezlik V ha'm radius-vektorm r arasındag'ı

$$V^2 = G * M * (2/r - 1/a). \quad (9)$$

4. Haqıyqıy anomaliya ha'm eksoraylıq anomaliya arasındag'ı

$$\tan(\nu/2) = ((1+e)/(1-e))^{1/2} * \tan(E/2). \quad (10)$$

5. Radius-vektor ha'm haqıyqıy anomaliya arasındag'ı

$$r = a(1 - e^2)/(1 + e \cdot \cos(\nu)). \quad (11)$$

(9) dan ko'rinip turg'anınday, dene perioray arqalı o'tkende onın' radius-vektori minimallıq ma'nisine $q = a(1 - e)$, al tezligi bolsa $V_{\max}^2 = G * M / a * (1 + e)/(1 - e)$ formulası menen anıqlanatug'ın

maksimallıq ma'nisine jetedi. Al apoorayda kerisinshe, radius-vektor maksimallıq ma'niske iye $Q=a*(1+e)$, al qozg'alis tezligi bolsa minimum ma'nisinde $V_{\min}^2=G*M/a*(1-e)/(1+e)$. Bunnan $V_{\min}/V_{\max} = (1-e)/(1+e) = q/Q$ ekenligi kelip shıg'adı. Ellips ta'rizli orbita boyınsha da'wirdin' formulası (6)-formulag'a sa'ykes, tek orbitanın' radiusının' ma'nisinin' ornına ellipstin' u'lken yarım ko'sheri alınadı:

$$T = 2*\pi*a^{3/2}*(G*M)^{-1/2}. \quad (12)$$

Bazı bir waqıt momentindegi orbita parametrlerin' baslang'ish sha'rtlerdegi g'a'rezliligi qızıg'ıw payda etedi: r_0 radius-vektordin', V_0 tezliktin' ha'm radius-vektor menen tezlik bag'ıtı arasındag'ı mu'yesh δ_0 din'. Baslang'ish sha'rtlerden fokallıq parametrdin' ha'm ekstsentrissetin' g'a'rezliligi mına tu'rge iye boladı:

$$p = r_0^2 * V_0^2 * \sin^2(\delta_0) / G * M. \quad (13)$$

$$e = 1 + (r_0 * V_0^2 - 2 * G * M) * r_0 * V_0^2 * \sin^2(\delta_0) / (G * M)^2. \quad (14)$$

(13) ten δ_0 mu'yeshi 0° den 90° qa shekem o'skende p parametri de 0 den $p_{\max} = r_0^2 * V_0^2 / G * M$ ke shekem o'zgeretug'inlig'ı, al δ_0 din' shaması 90° tan 180° qa shekem o'zgergende p nın' shaması p_{\max} shamasınan 0 ge shekem kishireyetug'inlig'ı ko'rinip tur. Eger $\delta_0 = 0^\circ$ ha'm $\delta_0 = 180^\circ$ bolg'anda parametr $p = 0$ ha'm orbita tuwrının' kesindisine aylanadı.

(14) ten e shaması baslang'ish parametrlar arqalı $r_0 * V_0^2 - 2 * G * M$ ayırmasının' belgisinen g'a'rezli. Bul shama orbitanın' tipin anıqlaydı. Eger $r_0 * V_0^2 - 2 * G * M < 0$ bolsa orbita barlıq waqıtta ellips bolıp qaladı ha'm δ_0 mu'yeshi 0° den 90° qa shekem o'zgergende 1 den $e_{\min} = (r_0 * V_0^2 - G * M) / G * M$ ge shekem, al $\delta_0 90^\circ$ tan 180° qa shekem u'lkeygende e nin' shaması kaytadan e_{\min} den 1 ge shekem u'lkeyedi. $q = p / (1 + e)$ bolg'anlıqtan δ_0 shaması 0° den 180° qa shekem o'skende perioraydag'ı qashıqlıq q dın' shaması 0 den r_0 ge shekem o'sedi.

U'lken yarım ko'sher a ha'm kishi yarım ko'sher b nın' shamalarında baslang'ish parametrlar menen an'latıw mu'mkin:

$$a = G * M * r_0 / (2 * G * M - r_0 * V_0^2). \quad (15)$$

$$b = a * (1 - e^2)^{1/2} = r_0^{3/2} * V_0^2 * \sin(\delta_0) / (2 * G * M - r_0 * V_0^2)^{1/2}. \quad (16)$$

Shektegi jag'dayda [$\sin(\delta_0)=0$ bolg'anda] ellips tuwrının' shekli kesindisine aylanadı. Onın' uzınlıg'ı $2*a$ g'a ten' onın' ushları bir waqıtta fokuslar ha'm tuwrıg'a aylang'an ellipstin' to'beleri bolıp tabıladı. Qala berse onın' ushlarınan' biri – perioray koordinata bası menen betlesedi (yag'nıy tartıwshı oray menen betlesedi).

Parabola ta'rizli orbita boyınsha qozg'alis

Parabolanı ellipstin' sheklik jag'dayı dep te, giperbolanın' sheklik jag'dayı dep te karaw mu'mkin. Parabola ta'rizli orbita ushın

$$V_0^2 = 2 * G * M / r_0. \quad (17)$$

sha'rti orınlanadı.

V_0 tezligi parabolalıq yamasa V_{II} ekinshi kosmoslıq tezlik dep ataladı. Bul formulanı (5)-an'latpa menen salıstırıp $V_{II} = V_I^2 * 2^{1/2}$ ekenligin an'g'aramız. Tartıwshı oraydan berilgen r_0 qashıqlıg'ı ushın ekinshi kosmoslıq tezlik oraylıq denenin' tartıwınan kutılıp ketiw ushın za'ru'rli bolg'an en' minimallıq tezlik bolıp tabıladı. Jer ushın ($r_0=6378.1$ km) $V_{II}=11.179$ km/c. Jer qashıqlıg'ında turg'an denenin' ($r_0=149.6$ mln. km) Quyash sistemasın birotala taslap ketiwi ushın $V_{III}=42.1$ km/s tezligin beriw kerek. V_{III} tezligin u'shinshi kosmoslıq tezlik dep te ataydı.

Parabola ta'rizli orbitanın' ten'lemesin radius-vektordin' fokallıq parametr p (yamasa perioraydag'ı qashıqlıq $q=p/2$ den) ha'm haqıyqıy anomaliya v den g'a'rezliligi sıpatında ko'rsetiw mu'mkin:

$$r = p / (1 + \cos(v)) = q * \sec^2(v/2) \quad (18)$$

Parabola boyınsha qozg'alis ten'lemesi - haqıyqıy anomaliya v din' waqıt t dan g'a'rezliligi (ha'm perioraydan o'tiw waqıtı τ dan) mına tu'rge iye boladı:

$$1/3 * \tg^3(v/2) + \tg(v/2) = (G * M / 2)^{1/2} * q^{-3/2} * (t - \tau) \quad (19)$$

Parabolalıq qozg'alısta haqıyqıy anomaliya -90° tan $+90^\circ$ qa shekem o'zgeredi. Eger $t = \tau$ (perioraydın' o'tiwi) $v = 0$ ha'm radius-vektor o'zinin' minimllıq ma'nisine jetedi $r_{\min} = q = 2 * p$,

al tezlik bolsa maksimallik ma'nisine iye boladı $V_{\max}^2 = G^*M/q$. Eger r sheksizlikke shekem o'sse tezlik nolge shekem kemeyedi.

Fokallıq parametr p nın' da'slepki radius-vektor r_0 ha'm radius-vektor menen baslang'ish tezlik vektorı arasındag'ı δ_0 ten g'a'rezliligi mına an'latpa menen beriledi:

$$p = 2*r_0*\sin^2(\delta_0). \quad (20)$$

Dara (sheklik) jag'daydag'ı $\sin(\delta_0)=0$ bolg'anda parabola tuwrı sızıqqa aylanadı. Bul tuwrı sol parabolanın' fokusı da, to'besi de bolıp tabilatug'ın koordinata basman shıg'adı.

Giperbolalıq orbita boyınsha kozg'alıs

Giperbolalıq orbita ushın $V_0^2 > 2*G^*M/r_0$ sha'rti orinlanadı.

Giperbolalıq qozg'alıs qaralg'anda F ayrıqsha parametri kirgiziledi (bul parametr ellipstegi eksoraylıq anomalıyag'a uqsas) 6-su'wrette mınaday belgilewler paydalanılğ'an: S – giperbola fokusı, R – onın' to'besi (perioray), C – onın' orayı. Giperboladag'ı ıqtıyarlı V noqatının' ornı SB radius-vektor ha'm apsid ko'sheri bag'ıtı SP – haqıyqıy anomalıya v dın' kesilisiw mu'yeshi menen anıqlanadı. Eger V noqatınan BN perpendikulyarın apsid sızıg'ına perpendikulyar ju'rgizsek ha'm olardıń kesilisiw noqatı bolg'an N noqatınan orayı giperbolanın' orayı C da bolg'an, radiusı a (giperbolanın' haqıyqıy yarım ko'sherinin' uzınlıg'ı) bolg'an shen'berge urınba ju'rgizsek B' tiyiw noqatın alamız (toshka kasaniya). Bul noqattın' radiusı ha'm periorayg'a qarag'an bag'ıt arasındag'ı mu'yesh te F mu'yeshindey bolıp balgilenedi.

Giperbola boyınsha qozg'alıs ten'lemesi - F parametrinin' waqıt t (ellipslik qozg'alıstıg'ı) (7) Kepler ten'lemesinin' analogı) dan g'a'rezliligi bılayınsha jazıladı:

$$e*\operatorname{tg}(F) - \ln(\operatorname{tg}(F/2+45^\circ)) = (G^*M)^{1/2}*a^{-3/2}*(t-\tau) \quad (21)$$

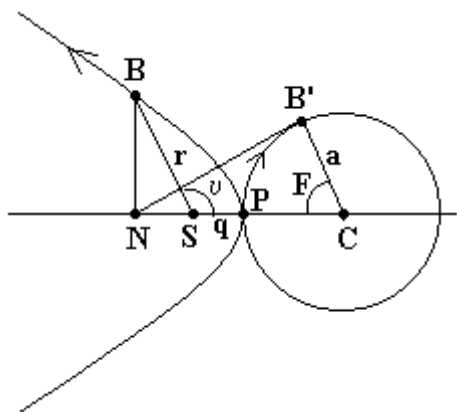
Ellipslik orbitanın' ha'r qıylı parametrleri arasındag'ı baylanıs to'mendegi qatnaslar menen beriledi:

$$\operatorname{tg}(v/2) = ((e+1)/(e-1))^{1/2}*\operatorname{tg}(F/2) \quad (22)$$

$$V^2 = G^*M*(2/r + 1/a) \quad (23)$$

$$r = a*(e*\sec(F) - 1) \quad (24)$$

$t = \tau$ da (perioraydın' o'tiwi) $v = 0$ ha'm radius-vektor o'zinin' maksimallik ma'nisine jetedi $r_{\min} = q = a*(e-1)$, al tezlik bolsa minimallıg'ına $V_{\max}^2 = G^*M/a*(e+1)/(e-1)$. Eger r sheksizlikke shekem o'sse haqıyqıy anomalıya o'zinin' sheklik ma'nisine shekem o'sedi $v_{\max} = \arccos(-1/e)$, F parametri maksimallik ma'nisine jetedi $F_{\max} = 90^\circ$, al tezlik bolsa $V_{\min}^2 = G^*M/a$ minimallıq ma'nisine jetedi.



6-su'wret. Giperbolalıq orbitanın' parametrleri

Giperbolanın' ekstsentrıtetı e nin' baslang'an radius-vektor, tezlik ha'm olar arasındag'ı mu'yesh ten'lemesi (14)-formulada ko'rinip tur. Eger δ_0 mu'yeshi 0° den 90° qa shekem o'sse e 1 den $e_{\max} = (r_0*V_0^2 - G^*M)/G^*M$ g'a shekem o'sedi, al δ_0 90° den 180° qa shekem o'sse e ja'ne de e_{\max} nan 1 ge shekem kemeyedi. Eger a arqalı giperbolanın' haqıyqıy ko'sherin belgilesek, onda

$$a = G^*M*r_0/(r_0*V_0^2 - 2*G^*M) \quad (25)$$

Paraboladag'iday, shektegi dara jag'day bolg'an $\sin(\delta_0)=0$ de giperbola tuwrı sızıqqa aylanadı. Bul tuwrı sızıq sızıqqa aylang'an giperbolanın' bir waqıtta to'besi de, fokusi da bolıp tabılatur'ın koordinata basman shıg'adı.

Kepler nızamları ha'm aspan denelerinin' massaların anıqlaw

Astronomiyalıq ob'ektlerdin' massaların anıqlawdın' en' isenimli usılları Keplerdin' u'shinshi nızamına tiykarlang'an



7-su'wret

7-su'wrette massaları M_1 ha'm M_2 bolg'an ha'm olardın' ulıwmalıq massalar orayı do'gereginde aylanatug'ın eki sferalıq dene ko'rsetilgen. Ob'ektler arasındag'ı qashıqlıq a g'a ten', al sog'an sa'ykes massalar orayına shekemgi qashıqlıqlar a_1 ha'm a_2 . Demek $a = a_1 + a_2$ ha'm

$$M_1 \cdot a_1 - M_2 \cdot a_2 = 0. \quad (26)$$

Eger eki denenin' birewinin' massası belgili bolsa, onda (26)-an'latpanın' ja'rdeminde ekinshi denenin' massasın esaplaw mu'mkin. Mısalı, Jerdin' orayınan Jer-Ay sistemasının' bariorayına shekemgi aralıq Jerdin' 0.73 radiusına ten', al Jer menen Aydın' orayları arasındag'ı ortasha kashıqlıq Jerdin' 60.08 radiusına ten'. Sonlıqtan Jerdin' massasının' Aydın' massasına qatnası 81.3 ge ten'. Jerdin' o'zinin' massası basqa usıllar menen anıqlanadı (bul haqqında keyinirek ga'p etemiz).

Quyashtın' massasın Keplerdin' 3-nızamın (1)-formada Jerdin' Quyash do'geregindegi ha'm Aydın' Jer do'geregindegi qozg'alıslarına qollanıw arqalı anıqlawg'a boladı. Sebebi da'wirler menen u'lken yarım ko'sherlerdin' ma'nisleri baqlawlardan belgili. Tap sol sıyaqlı ta'biyiy yamasa jasalma joldaslarına iye planetalardın' massaların anıqlaw mu'mkin. Al joldasları joq planetalardın' massaların olardın' basqa qon'ıslas planetalarg'a, asteroidlarg'a, kometalarg'a yamasa kosmoslıq apparatlarg'a ta'siri boyınsha anıqlawg'a boladı.

Juldlızlardın' massaların anıqlaw bir kansha o'zgesheliklerge iye. Eger juldız qos juldızlar sistemasına kiretug'ın, sonın' menen birge qos juldızdın' eki qurawshısı da o'z aldına ko'rinetug'ın bolsa, onda juldızdın' massasın anıqlaw mu'mkin. Eger qos juldızdın' qurawshıları o'z aldına ko'rinbeytug'ın bolsa, onda olardın' massaların nurlıq tezlikler (lushevie skorosti) boyınsha anıqlaw mu'mkin (orbitalıq tezliklerdin' ko'riw bag'ıtına tu'sirilgen proektsiyası boyınsha). Meyli sol deneler shen'ber ta'rizli orbitalar boyınsha qozg'alatug'ın bolsın ha'm orbita tegisligi ko'riw nurına i mu'yeshin jasasın (7-su'wret). Bunday jag'dayda massası M_1 bolg'an denenin' orbitalıq tezliginin' ko'riw nurına tu'sirilgen proektsiyaların' variatsiyaların' amplitudası mınag'an ten':

$$v_1 = 2 \cdot \pi \cdot a_1 \cdot \sin(i) / P,$$

R – orbitalıq da'wir. Keplerdin' 3-nızamına sa'ykes

$$G \cdot (M_1 + M_2) / a^3 = (2 \cdot \pi / P)^2.$$

Al (26)-an'latpadan $a = (M_1 + M_2) \cdot a_1 / M_2$ ekenligi kelip shıg'adı. Sonlıqtan

$$f(M_1, M_2, i) = (M_2 \cdot \sin(i))^3 / (M_1 + M_2)^2 = P \cdot v_1^3 / (2 \cdot \pi \cdot G) \quad (27)$$

(27)-ten'lemenin' on' ta'repi tek baqlaw shamalarinan g'a'rezli (qala berse sistemag'a shekemgi aralıqtan g'a'rezli emes). Bul shamalar sistemanın' aylanıw da'wiri R ha'm M_1 denesinin' spektr sızıqlarının' da'wirli tu'rdegi Doppler awısıwı boyınsha anıqlanatug'ın v_1 [yamasa $a_1 \cdot \sin(i)$] nur tezliginin' da'wirinen g'a'rezli. f shaması qos sistemanın' massaların' funktsiyası dep ataladı. Eger qos sistemanın' massaların' tek bir funktsiyası tabılatug'ın bolsa ha'm basqa qosımsha mag'lıwmatlar bolmasa (27)-an'latpa boyınsha ayırım massalar haqqında aytıwg'a bolmaydı.

Eger massalar funktsiyasının' ekewi de belgili bolsa, onda $f_1 = (M_2 \cdot \sin(i))^3 / (M_1 + M_2)^2$ ha'm $f_2 = (M_1 \cdot \sin(i))^3 / (M_1 + M_2)^2$. Bunday jag'dayda olar arasındag'ı qatnas qurawshılardıń massaların' qatnasın beredi $q = M_1 / M_2$. Demek

$$M_1 = f_1 \cdot q \cdot (1 + q)^2 / \sin^3(i) \quad (28)$$

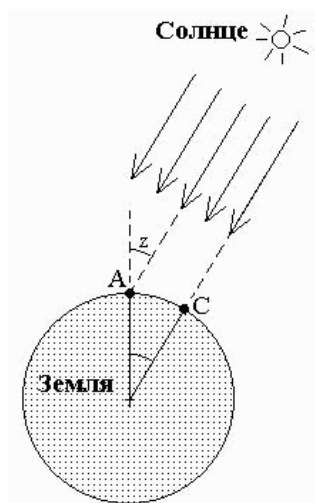
M_1 massasının' da'l ma'nisin biliw ushın $\sin(i)$ shamasın da biliw kerek. Tutılıwshı-o'zgermeli juldızlar (zatmenno-peremennie zvezdy) ha'm bir qansha rentgen derekleri ushın betinin' jaqtılıg'ının' iymekligi boyınsha $\sin(i)$ tin' ma'nisine geometriyalıq shek qoyıwg'a boladı. Eger $\sin(i)=1$ dep boljansa, onda M_1 denesi ushın massanın' to'mengi shegi alınadı.

Mısal retinde rentgen deregi Aqquw X-1 din' massasın anıqlawdı keltirip o'tiw mu'mkin (Aqquw X-1 qara qurdım bolsa kerek dep esaplanadı). Onın' optikalıq qurawshısı HDE 226868 juldızı dep esaplanadı. Optikalıq baqlawlardan orbitalıq da'wir ha'm nurlıq tezlikler anıqlandı. Al bul shamalar boyınsha tek rentgen deregi ushın massalar funktsiyası anıqlandı. Biraq juldızdın' jaqtılıg'ı ha'm onın' spektri boyınsha sistemag'a shekemgi aralıq bahalandı (~ 2.5 pk), al bunnan keyin (jaqtılıq shıg'arıwı boyınsha) onın' shama menen aling'an massası anıqlandı (> 8.5 Quyashtın' massası). Bul mag'lıwmatlardın' barlıg'ı rentgen qurawshısı ushın massanı berdi (> 3.3 Quyashtın' massası). Bul mag'lıwmat qurawshının' qara qurdım ekenliginen derek berdi. Galaktikanın' massasın Quyashtın' Galaktikanın' orayı do'gereginde aylanıw tezligi ($v_0 \sim 220$ km/s) ha'm sol orayg'a shekemgi qashıqlıq ($R_0 \sim 3 \cdot 10^{22}$ sm) boyınsha anıqlawg'a boladı. Bunday qozg'alıs Quyashtın' oraydan qashıwshı tezleniwın beredi $g = v_0^2 / R_0 \sim 1.6 \cdot 10^{-8}$ sm/s². Bunnan Galaktikanın' massası $M_g = g \cdot R_0 / G \sim 2.2 \cdot 10^{44}$ g. Tap usınday jollar menen basqa da galaktikalardıń massaları esaplanadı.

Jer

Forması ha'm o'lshepleri haqqındag'ı ulıwmalıq ko'z-qaraslar

Jerdin' forması ha'm o'lshepleri haqqında ko'z-qaraslarg'a adamlardıń bizin' eramızg'a shekem-aq bilgenin ko'pshilik bileidi. Mısalı a'yyemgi grek filosofi Aristotel (b.e.sh. 384 – 322 jıllar) Jerdi shar ta'rizli formag'a iye dep esapladı ha'm sonın' da'lili retinde Ay tutılğ'anda Jerdin' sayasın shen'ber ta'rizli ekenligin aldı.



1-su'wret. Jerdin' o'lsheplerin Jerdin' betindegi eki noqatta turıp Quyashtı baqlaw ja'rdeminde anıqlaw.

Jerdin' aylanıwı

1672-jılı frantsuz Rische mayatnikli saatlardın' ekvatorda Parijdegige qarag'anda a'sterek ju'retug'inlig'in tosınnan sezip qaldı. Bul faktke tu'siniki Angliyalı fizik, matematik ha'm astronom İsaak Nyuton (1643 - 1727) taptı. Jerdin' aylanıwı oraydan qashıwshı ku'shtin' payda bolıwına alıp keledi. Bul ku'shtin' bag'ıtı aylanıw ko'sherine perpendikulyar. Sonlıqtan ortasha ken'liklerde oraydan qashıwshı ku'shler shaması boyınsha ekvatorg'a qarag'anda kishirek. Sonın' menen birge ortasha ken'liklerde oraydan qashıwshı ku'shler gorizontqa bazı bir mu'yesh jasap bag'ıtlang'an. Ekvatorda oraydan qashıwshı ku'shtin' shaması en' u'lken ma'niske iye. Bul salmaq ku'shinin' kishireyiwine (g nın' kishireyiwine) ha'm sonın' saldarınan mayatniktin' terbeliw da'wirinin' u'lkeyiwine alıp keledi [sebebi $T = 2\pi(l/g)^{1/2}$].

1851-jılı frantsuz fizigi Jan Fuko (1819 - 1868) ta'jiriybede maytniktin' terbeliw tegisliginin' waqıtqa baylanışlı burilatug'inlig'in ko'rsetti. Bul qubılıs ta Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde sutkalıq aylanıwı menen tu'sindiriledi. Keyinirek bul ta'jiriybe basqa qalalarda da qaytalandı (sonın' ishinde Sankt Peterburgtag'ı İsaakiev soborında). A'llette mayatniktin' terbelis tegisliginin' burılıw effekti ta'jiriybe o'tkerilgen ken'likten g'a'rezli: effekt polyuslarda jaqsı ko'rinedi, al ekvatorda pu'tkilley baqlanbaydı. Sol Jan Fuko giroskop oylap taptı. Bul giroskoptın' aylanıw ko'sherinin' bag'ıtın saqlay alıw qa'siyeti de Jerdin' sutkalıq aylanısın da'lilledi (giroskop ko'sheri qa'legen awhalda bir sutka ishinde shen'ber sızadı, bul haqqında keyinirek ayıladı).

Jerdin' aylanısınan' basqa bir da'lili sıpatında Koriolis ku'shinin' qozg'alıwshı hawa yamasa suw massasına ta'siri bolıp tabıladı (mısalı A'miwda'ryanın' barlıq waqıtta da on' ta'repke qaray – shıg'ıs ta'repke qaray degish alıwı).

Jerdin' da'lirek forması

Jerdin' aylanıw da'wiri (24 saat) menen radiusın bile otırıp ekvatordag'ı aylanıw tezligin esaplaw mu'mkin: $v_0 = \omega R$, bul jerde $\omega = 2\pi/86400$ ayl./s ha'm $R = 6378$ km bolg'anlıqtan $v_0 \sim 460$ m/c shaması alınadı (φ ken'liginde bul tezlik $v = v_0 \cdot \cos(\varphi)$ shamasına ten'). Massası m bolg'an deneye oraydan qashıwshı $F_{ts} = m \cdot \omega^2 \cdot R$ ku'shi ta'sir etedi ha'm pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamı boyınsha $F_g = G \cdot M \cdot m / R^2$ ku'shi ta'sir etedi. Bul jerde M Jerdin' massası, R - onın' radiusı. Shar ta'rizli Jer ushın F_{ts} ku'shinin' F_g ku'shine qatnası:

$$F_{ts} / F_g = \omega^2 \cdot R^3 / (G \cdot M) \quad (2)$$

Eger bul an'latpag'a M ha'm R shamalarınin' ma'nislerin qoysaq, onda $F_{ts} / F_g = 3.45 \cdot 10^{-3}$ ekenligine iye bolamız. Yag'nıy qa'legen denenin' ekvatordag'ı salmag'ı polyustag'ı salmag'ınan 0.3 % ke kishi bolıwı kerek. Al haqıyqatında bul ayırma 0.55 % ten aspaydı.

Endi Jerdin' formasının' da'l shar ta'rizli emes ekenligin eske tu'siretug'in waqıt keldi. Nyuton o'z waqıtında birinshisi ekvatorдан, ekinshisi polyusten Jerdin' orayına karay sol orayda bir biri menen baylanısatug'in qudıq qazılsa sol qudıqlardag'ı suwdın' qa'ddi ha'r qıylı bolatug'inlig'in teoriyalıq jaqtan da'lilledi. Polyarlıq qudıqtan suwg'a tek salmaq ku'shi ta'sir etedi, al ekvatorlıq qudıqta bolsa salmaq ku'shi menen birge oraydan qashıwshı ku'sh te ta'sir etedi. Suwdın' eki bag'anası da Jerdin' orayına birdey basım tu'siriwi ushın ekvatorlıq qudıqtag'ı suwdın' qa'ddi biyikte jaylasıwı kerek. Nyutonnın' esaplawları boyınsha bul ayırma Jerdin' ortasha radiusının' 1/230 shamasın qurawı kerek.

Bunday esaplawlar ju'da' quramalı da emes. Tek g'ana zattın' polyustag'ı ha'm ekvatordag'ı ha'r bir elementar ko'leminin' salmaqların qosıp shıg'ıw kerek. Yag'nıy Jerdin' orayınan qa'legen qashıqlıqtag'ı r qashıqlıg'ı ushın

$$m \cdot g_p(r) = m \cdot g_e(r) - m \cdot \omega^2 \cdot r \quad (3)$$

qatnasının' orınlanıwı kerek.

Erkin tu'siw tezleniwinin' radiustan g'a'rezlilikleri polyarlıq ha'm ekvatorlıq qudıqlarda birdey: $g_p(r) = g_e(r) = GM/r^2$, bul jerde M arqalı r radiusı ishindegi massa: $M(r) = \rho \cdot 4 \cdot \pi \cdot r^3 / 3$, bul an'latpada ρ arqalı qudıqlar inidegi zatlardın' tıg'ızlıg'ı belgilengen. Eger usı formulalardı ten' salmaqlıq ten'lemesi (3) ke qoysaq, bunnan keyin m ge qısqartsaq ha'm Jerdin' barlıq radiusı

boyınsha integrallasaq (shep ta'repin 0 den polyarlıq radius R_p , on' ta'repin 0 den ekvatorlıq radius R_e ge shekem), onda mınaday qatnas alınadı:

$$R_p = R_e * (1 - 3 * \omega^2 / (4 * \pi * \rho * G))^{1/2} \quad (4)$$

(4) ke Jerdin' ortasha tıg'ızlıg'ı 5.52 g/sm^3 shamasın ha'm ekvatorlıq radius $R_e = 6378140 \text{ m}$ di qoysaq $R_p \sim 6356130 \text{ m}$ shamasın alamız. Yag'nıy polyarlıq radius ekvatorlıq radiustan shama menen 22 km ge kem, al $f = (R_e - R_p) / R_e = 1/289.8$ bolıwı kerek. Bul an'latpadag'ı f shaması **Jer-din' qısilg'anlıg'ı** dep ataladı ha'm haqıyqatında $1/298.257$ shamasına ten'. Solay etip joqarıda keltirilgen teoriyalıq esaplawlar Jer betinin' haqıyqıy formasına tolıq sa'ykes keledi eken (biz ha'tte tıg'ızlıqtın' radiustan g'a'rezlıligin esapqa almay, ortasha tıg'ızlıqtı alg'an jag'dayda da qanaatlandırarlıq na'tiyjelerdi aldıq).

Biz ha'zir uzınlıqtın' bir birligi haqqında ga'p etemiz. Meridiannın' tolıq uzınlıg'ı ushın $40\,000 \text{ km}$ alıng'anlıqtan usı uzınlıqtın' 1 gradusı onın' $1/360$ bo'limin quraydı, al ol bolsa shama menen 111.111 km ge ten', al $1' = 1.852 \text{ km}$. Bul birlik **ten'iz mili** dep ataladı.

Jerdin' massası

Jerdin' massasın jetkilikli da'rejedegi da'llikte 1797-jılı Genri Kavendish o'lishedi. Bul ushın ol ushlarında qorg'asınnan sog'ılg'an sharikler bektilgen aylanbalı ta'reziden paydalandı. Bul shariklerge ha'r qıylı ta'replerden massaları belgili bolg'an eki u'lken qorg'asın shardı jaqınlatıw arqalı kishi shardıń u'lken sharg'a tartılıw ku'shinin' Jerge tartılıw ku'shinen kanshag'a ayırilatug'ınlig'in anıqladı. Na'tiyjede Jerdin' massası ushın $6 * 10^{21}$ tonna alındı. Bul shama ha'zirgi waqıtları qabıl etilgen shamag'a ju'da' jaqın (kesteni qaran'ız).

Endi ja'ne de pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamın eske alamız. Jerdin' betinde onın' tartıwı payda etken tezleniw **salmaq ku'shi tezleniwi** dep ataladı. Bul tezleniw shama menen Jerdin' orayına qaray bag'ıtlang'an ha'm shaması boyınsha mınaday:

$$g = G * M / r^2 \quad (5)$$

Bul an'latpadag'ı G gravitatsiya turaqlısı, M Jerdin' massası, r onın' radiusı. Eger Jer aylanbag'anda ha'm da'l sfera ta'rizli bolg'anda (5)-an'latpa da'l orınlang'an bolar edi. Biraq bul sha'rtler orınlanbaydı.

Jerdin' ellips ta'rizli forması ushın salmaq ku'shinin' bag'ıtı ellipsoidtın' geometriyalıq orayınan parq kıladı. Bul awısıw ekvator menen polyuslerde nolgee ten', al $\pm 45^\circ$ lıq ken'liklerde maksimallıq ma'nisine ten' ($5', 7$). Al ekvatorda Jerdin' formasının' ellips ta'rizli ekenligine baylanıslı tartılıs ku'shinin' ma'nisi polyuslerdegege qarag'anda $f/2$ shamasına kishi (shama menen $1/600$ bo'legi).

Usının' menen birge salmaq ku'shinin' tezleniwine Jerdin' sutkalıq aylanısınin' saldarınan payda bolatug'ın oraydan qashıwshı tezleniw de kiredi. Bul tezleniw aylanıw ko'sheri bag'ıtına perpendikulyar. Oraydan qashıwshı tezleniw $\omega^2 * r$ shamasına ten' ($\omega = 2 * \pi / T$ aylanıwdın' mu'yeshlik tezligi, T aylanıw da'wiri). Jer ushın juldızlar sutkasının' shaması alınıwı kerek ($T = 86146 \text{ s}$). Ekvatorda oraydan qashıwshı tezleniw maksimallıq ma'nisine ten': $\omega^2 * r = 3.39 \text{ sm/s}^2$. Ekvatorda oraydan qashıwshı ku'sh salmaq ku'shinin' bag'ıtına qarama-qarsı, sonlıqtan tolıq tezleniw $g = 980.03 \text{ sm/s}^2$ shamasına ten'. Polyuslarda bolsa oraydan kashıwshı ku'sh joq.

Aralıqlıq ken'liklerde oraydan qashıwshı ku'sh paralleldin' radiusına proporsional $r = \rho * \cos(\varphi_a)$. Bul an'latpadag'ı ρ Jerdin' orayına shekemgi qashıqlıq (radius-vektor), al φ_a geooraylıq ken'lik. Bul an'latpadag'ı φ_a shamasının' a'dettegi geografıyalıq ken'lik φ den ayırması $\varphi - \varphi_a = 11'.6 * \sin(2 * \varphi)$ shamasına ten'. Sonlıqtan oraydan qashıwshı tezleniw $\omega^2 * r = \omega^2 * \rho * \cos(\varphi_a)$ di meridian ha'm ekvator boyınsha vertikalıq $\omega^2 * \rho * \cos(\varphi_a) * \cos(\varphi)$ ha'm gorizontallıq $\omega^2 * \rho * \cos(\varphi_a) * \sin(\varphi)$ qurawshılarg'a jiklew mu'mkin. Eger φ_a ha'm φ shamaları arasındag'ı u'lken emes ayırmanı esapqa almasaq, onda oraydan kashıwshı ku'shtin' gorizont bag'ıtındag'ı qurawshısı $\omega^2 * \rho * \cos(\varphi) * \sin(\varphi) \pm 45^\circ$ bolg'an ken'likte maksimallıq 1.7 sm/s^2 ma'nisine jetedi. Bul shama mu'yeshlik o'lishemlerde asıp qoyılğ'an zattın' tu'slik ta'repke karay $5'.9$ awısıwın ta'miyinleydi. Oraydan qashıwshı tezleniwın' vertikalıq qurawshısı $\omega^2 * \rho * \cos(\varphi)$ ekvatorda $\omega^2 * \rho$ g'a, al $\pm 45^\circ$ bolg'an ken'likte $- 0.5 * \omega^2 * \rho$ ha'm na polyuslerde nolge ten'. Solay

etip ekvatorada salmaq ku'shinin' tezleniwi oraydan qashıwshı ku'shtin' ta'sirinde $f/2$ shamasına kishireygen. Na'tiyjede ekvatorada salmaq ku'shinin' tezleniwi polyuslardag'ıg'a qarag'anda $f/2+f = 1.5*f \sim 1/200$ shamasına kishi bolıp shıg'adı.

Salmaq ku'shinin' tezleniwinin' biyiklikten g'a rezililigin 1743-jılı frantsuz matematigi A.Klero taptı:

$$g = g_0*(1+\beta*\sin^2(\varphi)), \quad \beta = (g_0 - g_p)/g_0. \quad (6)$$

Bul an'latpada g_0 arqalı ekvatordag'ı, g_p polyustegi erkin tu'siw tezleniwi belgilengen, al koeffitsient $\beta = 2.5*q - f$ (bul jerde q arqalı ekvatordag'ı oraydan qashıwshı tezleniwın' erkin tu'siw tezleniwine qatnası belgilengen, f - Jerdin' qısılıwı). Ha'zirgi waqıtlardag'ı sanlıq ma'nislerde Klero formulası bılayınsha jazıladı:

$$g = 978.03*(1+0.00529*\sin^2(\varphi)) \quad (7)$$

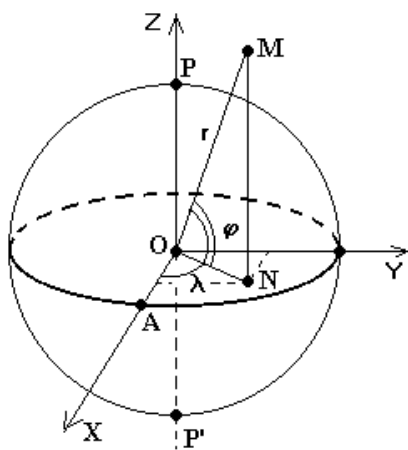
Erkin tu'siw tezleniwin ha'r qıylı ornılarda o'lshew β shamasının' sanlıq ma'nisin tabıwg'a mu'mkinshilik beredi, al bul shama arqalı Jerdin' qısılıwı f ti ala alamız. Salmaq ku'shi tezleniwin ko'p sandag'ı usıllar menen anıqlaw mu'mkin. Solardın' ishindegi en' a'piwayısı uzınlıg'ı l bolg'an matematikalıq mayatniktin' terbeliw da'wiri boyınsha:

$$T = 2*\pi*(l/g)^{1/2} \quad \text{ullan } g = 4*\pi^2*l/T^2. \quad (8)$$

Jerdin' beti boyınsha salmaq ku'shi tezleniwinin' ma'nisin o'lshew ha'm onın' tarqalıwın tabıw menen astronomiyanın' arnawlı bo'limi **gravimetriya** shug'ıllanadı.

Cferalıq koordinatar sistemasi ha'm aspan sferası

Jaqtırtqıshlardın' orınların anıqlaw ushın nelikten astronomiyada sferalıq koordinatar sistemasi qollanıladı? Juwap a'piwayı: sebebi ko'pshilik aspan denelerine shekemgi aralıqlardın' shaması ha'zirgi waqıtları da belgili emes (al a'yyemgi waqıtları pu'tkilley belgisiz edi). Al tuwrı sızıqlı koordinatar sistemasında noqattın' iyelep turg'an ornı u'sh sızıqlı shama ja'rdeminde anıqlanatu'ın bolg'anlıqtan, bunday sistema basın ko'pshilik astronomiyalıq maqsetlerdi orınlaw ushın jaramsız bolıp tabıladı.



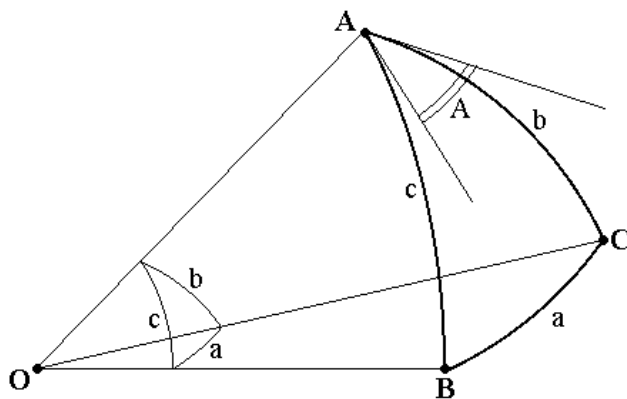
1-su'wret. Sferalıq koordinatar sistemasi.

Sferalıq koordinatar sistemasi 1-su'wrette keltirilgen. Onın' ken'isliktegi orientatsiyası eki noqat penen belgilenedi. Birinshi noqat sistemanın' polyusı P, polyus arqalı o'tiwshi sferanın' diametri PP' **sistemanın' bas ko'sheri** dep ataladı, al bul ko'sherge perpendikulyar bolg'an XOY tegisligi **sistemanın' bas tegisligi** dep ataladı. Ekinshi saylap alıng'an A noqatı OX ko'sherinin' sfera menen kesilisiw noqatı bas tegisliktegi esaplaw basın beredi. Bul koordinatar sistemasındag'ı M noqatının' turg'an ornı (ol sferanın' betinde jatpawı da mu'mkin) M noqatınan sferanın' orayı O g'a shekemgi aralıq r (OM kesindisinin' uzınlıg'ı) ha'm eki mu'yesh penen anıqlanadı: φ - OM tuwrısı menen bas tegislik XOY bas tegisligi arasındag'ı mu'yesh (-90° tan $+90^\circ$ qa shekem o'zgeredi) ha'm λ - OM radius-vektorının' bas tegislik XOY ke tu'sirilgen proektsiyası (ON kesindisi) menen pryamoy OA tuwrısı arasındag'ı mu'yesh (0° tan 360° qa shekem yamasa -180° tan $+180^\circ$ ka shekem). φ mu'yeshin radius-vektor OM ha'm

bas ko'sher PP' arasındag'ı mu'yeshke 90° qa shekemgi kosımsha tu'rinde anıqlawg'a boladı (0° den 180° qa shekem). Koordinatalardıń astronomiyalıq sistemaları bir birinen bas ko'sherdi ha'm bas tegisliktegi esaplaw basın saylap alıw boyınsha bir birinen o'zgesheliginin bar ekenligi to'mende ko'rsetiledi. Koordinatalardıń sferalıq sisteması ushın P ha'm P' polyusları ushın φ mu'yeshi sa'ykes $+90^\circ$ ha'm -90° qa ten' (anıqlaması boyınsha).

Solay etip koordinatalardıń sferalıq sistemasında M noqatının' turg'an ornı radius-vektor r din' uzınlıg'ı ha'm φ ha'm λ mu'yeshleri menen anıqlanadı eken. Bul mu'yeshler qashıqlıqlardan g'a rezli emes. Joqarıda ayıl'g'anday, a'dette astronomiyada r qashıqlıg'ı belgili emes. Sonlıqtan a'yyemgi waqıtlardan baslap **aspan sferası** tu'sinigi kirgizilgen. A'dette aspan sferasın ıqtıyarlı radiusqa iye sfera, bul sferanın' orayı Jerdin' betindegi baqlawshı turg'an orında (topooraylıq) yamasa Jerdin' orayında (geooraylıq), Quyashtın' orayınsha (geliooraylıq) ha'm tag'ı basqa dep jazadı. Bir qansha jag'daylarda onın' radiusı bir birlikke ten' dep kabıl etiledi (al geypara waqıtları sheksizlikke ten' dep te kabıllanadı, bunday jag'daylarda aspan sferası o'z ishine barlıq jaqtırtqıshlardı aladı). Ha'r bir aspan jaqtırtqıshı aspan sferasının' betinde jaylasqan dep esaplanadı (a'yyemgi waqıtları sonday dep esaplag'an). Sonlıqtan astronomiyalıq sferalıq koordinatalar sistemasında jaqtırtqıshın' turg'an ornı haqqında ga'p etkende olardıń haqıyqıy ornı emes, al olardıń aspan sferasında iyelegen orınları na'zerde tutiladı. Sonlıqtan sol orınlardı anıqlaw ushın eki mu'yesh jetkilikli boladı.

Aspan sferasının' onın' orayı arqalı o'tetug'ın tegislikler menen kesilisiw sızıqları u'iken shen'berler dep ataladı. Al onın' orayı arqalı o'tpeytug'ın tegislikler menen kesilisiw sızıqları kishi shen'berler dep ataladı. Demek u'iken shen'ber aspan sferasın ten'dey ekige bo'ledi.



2-su'wret. Sferalıq u'sh mu'yeshliktin' elementleri.

Tegislikte tuwrılar qanday orındı iyelese, sferadag'ı u'iken shen'berler de sonday orındı iyeleydi. U'sh u'iken shen'ber (eger olar bir noqatta kesilispese) sferada bir neshe u'sh mu'yeshliklerdi payda etedi. A'dette solardıń ishindegi barlıq ta'repleri menen mu'yeshleri 180° tan kemleri karaladı (2-su'wrettegi AVS). Ha'r bir u'sh mu'yeshliklerdin' ta'replerinin' uzınlıqları a, b ha'm c mu'yeshlik shamalarda o'lshenedi ha'm sferanın' O orayındag'ı sa'ykes mu'yeshler tu'rinde anıqlanadı (sferanın' radiusı bir birlikke ten' dep qabıl etiledi). Sferalıq u'sh mu'yeshliktin' A, B ha'm C mu'yeshleri kesilisiw ornılarındag'ı dog'alarg'a tu'sirilgen mu'yesh penen anıqlanadı (A mu'yeshi ushın ko'rsetilgendey). Sferalıq u'sh mu'yeshliklerdi sheshiw menen sferalıq trigonometriya dep atalıwshı matematikanın' bo'limi shug'ıllanadı. Al bul bo'limdi astronomiyag'a qollansa sferalıq astronomiya alınadı. Tegisliktegi u'sh mu'yeshlikler ushın trigonometriyanın' formulaları sıyaqlı sferalıq u'sh mu'yeshliklerdin' ta'repleri menen mu'yeshleri ushın arnal'g'an katnaslar bar. Bul katnaslardın' o'zleri joqarı matematika bo'limine tiyisli. Biraq bul katnaslar arqalı astronomiyada bir koordinatalar sistemasınan ekinshi koordinatalar sistemasına o'tiwge mu'mkinshilik беретug'ın an'latpalardı alıwg'a boladı. Bul an'latpalar u'sh toparg'a bo'linedi:

Sinuslar teoreması:

$$\sin(a)/\sin(A) = \sin(b)/\sin(B) = \sin(c)/\sin(C) \quad (1)$$

Kosinuslar teoreması:

$$\cos(a) = \cos(b) \cdot \cos(c) + \sin(b) \cdot \sin(c) \cdot \cos(A) \quad (2)$$

$$\cos(b) = \cos(c) \cdot \cos(a) + \sin(c) \cdot \sin(a) \cdot \cos(B)$$

$$\cos(c) = \cos(a) \cdot \cos(b) + \sin(a) \cdot \sin(b) \cdot \cos(C)$$

$$\cos(A) = -\cos(B) \cdot \cos(C) + \sin(B) \cdot \sin(C) \cdot \cos(a) \quad (3)$$

$$\cos(B) = -\cos(C) \cdot \cos(A) + \sin(C) \cdot \sin(A) \cdot \cos(b)$$

$$\cos(C) = -\cos(A) \cdot \cos(B) + \sin(A) \cdot \sin(B) \cdot \cos(c)$$

Bes element formulaları:

$$\sin(b) \cdot \cos(A) = \sin(c) \cdot \cos(a) - \cos(c) \cdot \sin(a) \cdot \cos(B) \quad (4)$$

$$\sin(b) \cdot \cos(C) = \sin(a) \cdot \cos(c) - \cos(a) \cdot \sin(c) \cdot \cos(B)$$

$$\sin(c) \cdot \cos(B) = \sin(a) \cdot \cos(b) - \cos(a) \cdot \sin(b) \cdot \cos(C)$$

$$\sin(c) \cdot \cos(A) = \sin(b) \cdot \cos(a) - \cos(b) \cdot \sin(a) \cdot \cos(C)$$

$$\sin(a) \cdot \cos(C) = \sin(b) \cdot \cos(c) - \cos(b) \cdot \sin(c) \cdot \cos(A)$$

$$\sin(a) \cdot \cos(B) = \sin(c) \cdot \cos(b) - \cos(c) \cdot \sin(b) \cdot \cos(A)$$

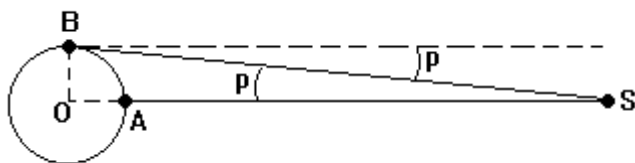
Aspan sferasındag'ı eki noqat arqalı (eger olar diametrdin' boyında jatpasa) tek bir u'lken shen'ber ju'rgiziw mu'mkin. ha'm u'lken shen'berdin' dog'ası sferanın' betindegi sol eki noqat arasındag'ı en' kishi kashıqlıq bolıp tabıladı. Bunday sıızıqtı **geodeziyalıq sıızıq** dep ataymız. Aspan sferasındag'ı eki noqat arasındag'ı kashıqlıq retinde usı noqatlar arqalı o'tetug'm u'lken shen'berdin' uzınlıg'ı alınadı.

Joqarıda keltirilgen formulalardıń paydalanılıwına misal sıpatında aspan sferasındag'ı eki iqtıyarlı noqat arasındag'ı mu'yeshlik qashıqlıqtı esaplaw formulasın keltirip shıg'aramız. 2-su'wrettegi A noqatın sferalıq koordinatalar sistemasının' polyusı dep qabıl etemiz, al C ha'm B noqatları bolsa sa'ykes λ_1 , φ_1 ha'm λ_2 , φ_2 koordinatalarına iye boladı. Bunday jag'dayda B ha'm C noqatları arasında izlenip atırg'an kashıqlıq a ta'repinin' uzınlıg'ına ten' boladı. Onın' shamasın anıqlaw ushın kosinuslar teoremasın qollanamız. S noqatının' A polyusına shekemgi mu'yeshlik kashıqlıq b ta'repi bolıp tabıladı, yag'nıy $b = 90^\circ - \varphi_1$. Usıg'an sa'ykes $c = 90^\circ - \varphi_2$. A mu'yeshi λ_1 ha'm λ_2 koordinatalarının' ayırmasına ten'. Sonlıqtan kosinuslar teoreması mına tu'rge enedi:

$$\cos(a) = \cos(90^\circ - \varphi_1) \cdot \cos(90^\circ - \varphi_2) + \sin(90^\circ - \varphi_1) \cdot \sin(90^\circ - \varphi_2) \cdot \cos(\lambda_1 - \lambda_2)$$

yamasa tu'rlendiriwlerden keyin

$$\cos(a) = \sin(\varphi_1) \cdot \sin(\varphi_2) + \cos(\varphi_1) \cdot \cos(\varphi_2) \cdot \cos(\lambda_1 - \lambda_2). \quad (5)$$



3-su'wret. Parallakslıq awısıw.

Jaqtırtqıstın' sferalıq koordinatalarının' baqlawshının' qozg'alısı sebebinen o'zgerisleri **parallakslıq awısıw** yamasa **parallaks** dep ataladı. 3-su'wrette ko'rinip turg'anınday baqlawshı A (yamasa O) noqatınan B noqatına ko'shkende S jaqtırtqıshı awısatug'm p mu'yeshi san jag'ınan S ta'repinen OB kesindisi ko'rinetug'm mu'yeshke ten', yag'nıy $\text{tg}(p) = |OB|/|OS|$. OB kesindisi (en' kishi qashıqlıq) **bazıs** bolıp tabıladı.

Sutkalıq parallaks Jerdin' o'z ko'sheri do'gereginde aylanıwının' saldarınan payda boladı ha'm to'besi jaqtırtqıshı, al birinshisi Jerdin' orayına, ekinshisi Jer betindegi baqlawshıg'a qaray bag'itlang'an eki tuwrı arasındag'ı mu'yesh bolıp tabıladı. Baqlaw ornının' gorizontında jaylasqan jaqtırtqıstın' parallaksı **gorizontallıq parallaks** dep ataladı. Al usında jag'dayda baqlawshı ta'repinen iyelengen orın ekvatorda bolsa **gorizontallıq ekvatorlıq parallaks** dep ataladı. Gorizontallıq ekvatorlıq parallaks ushın Jerdin' ekvatorlıq radiusı bazıs bolıp tabıladı ha'm ol tek jaqtırtqıshqa shekemgi aralıqtan g'a'rezli boladı. Aydın' gorizontallıq ekvatorlıq parallaksı shama menen 1° qa ten', al Quyash ushın $8''$.

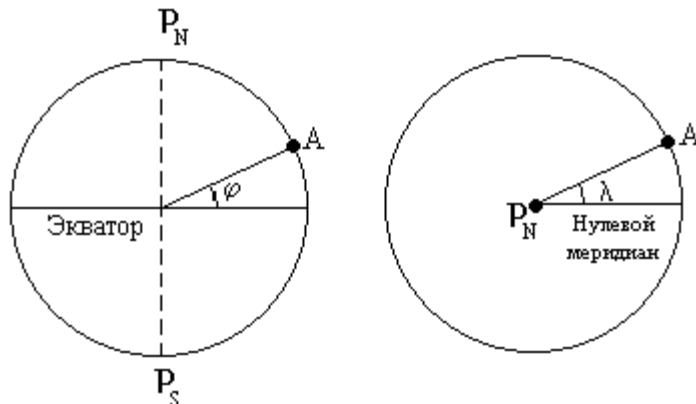
Jaqtirtqishtin' **jilliq parallaksı** (bul parallaks trigonometriyalıq parallaks dep te ataladı) Jerdin' Quyash do'geresindegi aylanısınan' na'tiyjesi bolıp tabıladı. Bul parallaks ushın Jer orbitasınan' u'lken yarım ko'sheri xızmet etedi. 3-su'wretten jilliq parallakstın' jaqtirtqishta turıp karag'anda ko'riw nurına perpendikulyar bag'ıttag'ı Jer orbitasınan' u'lken yarım ko'sheri ko'rinetug'ın mu'yesh ekenligin an'lawg'a boladı.

Jilliq parallakstı o'lshew juldızlarga shekemgi aralıqtı anıqlawdın' birden bir jolı bolıp tabıladı. Jilliq parallaks 1" qa ten' bolg'an qashılıq **parsek** (parallaks - sekund, qısqasha pk) dep ataladı ha'm juldızlar, galaktikalar aralıq qashılıqlardı o'lshewdin' tiykarg'ı birligi bolıp tabıladı. 2-su'wrette ko'rinip turg'anınday, 1 pk Jer orbitasınan' u'lken yarım ko'sherinen 206264.8 (radiandag'ı mu'yeshlik sekundlar sanı) ese u'lken ha'm $3.086 \cdot 10^{18}$ sm ge ten'. Ha'tte jaqın juldızlar ushın parallaks 1" tan kem. Sonlıqtan juldızlarga shekemgi aralıqlar olardıń parallaksı arqalı an'latıladı. Usınday kishi p larda $d=1/p$ qatnası orınlanadı (d arqalı parseklerdegi qashılıq belgilenen), p dog'anın' sekundındag'ı jilliq parallaks).

A'sirlik parallaks – Quyash sistemasınan' Galaktika boyışa qozg'alıwı saldarınan jaqtirtqishtin' bir jıl dawamındag'ı mu'yeshlik awısıwı (eger jaqtirtqishtin' qozg'alıs bag'ıtı usı qozg'alısqa perpendikulyar bolatug'ın bolsa). Juldızlar o'zlerinin' menshikli qozg'alıslarına iye bolg'anlıqtan a'sirlik parallaks juldızlardın' jetkilikli da'rejede u'lken toparları ushın statistikalıq anıqlanadı.

Geografiyalıq koordinatalar

Bul koordinatalardı sferalıq koordinatalar sistemasın Jerdin' sferalıq emes beti ushın qollanıw dep te atawg'a boladı (bul jag'dayda koordinatalardıń sferalıq sistemasınan' bas ko'sheri Jerdin' menshikli aylanıw ko'sheri bolıp tabıladı).



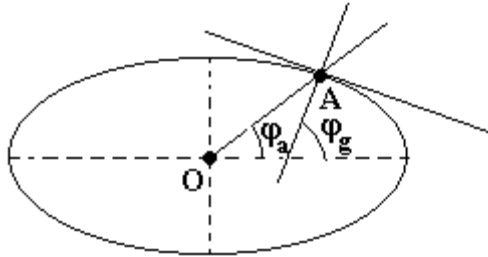
Ris. 1. Geografiyalıq koordinatalar.

Jer betindegi A noqatınan' geografiyalıq ken'ligi dep ekvator tegisligi menen sol A noqatına tu'sirilgen radius arasındag'ı mu'yesh bolıp tabıladı (1-su'wrettegi shep ta'repte). Ken'lik φ ha'ripi ja'rdeminde an'latıladı ha'm ekvatoran arqa ta'repke qaray o'lsheuse (arqa yarım shar) on' ma'niske, al tu'slik ta'repke qaray o'lsheuse (tu'slik yarım shar) teris ma'niske iye dep esaplanadı. Birdey ken'likke iye noqatlar jatqan sıyıqlar geografiyalıq **paralleller** dep ataladı. Jerdin' betin Jer ko'sherin o'z ishine alatug'ın tegislikler keskende alinatug'ın sıyıqlar geografiyalıq **meridianlar** dep ataladı. A noqatı arqalı o'tetug'ın meridian menen nolinshi meridian arasındag'ı mu'yesh geografiyalıq **uzınlıq** dep ataladı ha'm λ arqalı belgilenedi (1-su'wret, on' ta'repte). Ha'zirgi waqıtları nolinshi meridian sıpatında London qalasındag'ı (Angliya) Grinvish observatoriyası turg'an meridian kabıl etilgen. Bul meridian Grinvish meridianı dep te ataladı. Uzunlıq a'dette nollik meridiannın' eki ta'repine karay o'lsheenedi (shıg'ısqa yamasa batısqa qaray) ha'm sonlıqtan onın' ma'nisine «shıg'ısqa karay uzunlıq» (Grinvishten shıg'ısqa karay) yamasa «batısqa karay uzunlıq» (Grinvishten batısqa karay) so'zleri qosıladı. Mısalı Moskvanın' geografiyalıq koordinataları mınaday: $\lambda = 37^\circ 38'$ shıg'ısqa qaray uzunlıq, $\varphi = +55^\circ 45'$.

Tashkent qalasınan' koordinataları: $\lambda = 69^\circ 13'$, $\varphi = 41^\circ 16'$.

No'kis qalasının' koordinataları: $\lambda = 59^{\circ}29'$, $\varphi = 42^{\circ}50'$.

Biraq joqarida keltirilgen mag'lumatlardın' barlıg'ı da birinshi jaqınlasıw bolıp tabıladı. Ken'liktin' anıqlamasında A noqatına karay o'tkerilgen radius na'zerde tutiladı. Al radius bolsa Jerdin' orayına karay bag'ıtlang'an bag'ıt. Onı ha'r qıylı jollar menen anıqlaw mu'mkin. Solardın' ishinde en' ko'p tarqalg'anı ushına ju'k baylang'an jiptin' bag'ıtı bolıp tabıladı. Bul jiptin' bag'ıtı ekvator menen polyuslarda haqıyqatında da Jerdin' orayına qaray bag'ıtlang'an. Al basqa ken'liklerde onday emes. Biraq usı kemshilikke qaramastan ju'k baylang'an jiptin' bag'ıtı **koordinatalardıń gorizontallıq sistemasındaǵı** bas ko'sher bolıp tabıladı. Bul ko'sher arqalı anıqlang'an ken'lik φ_g **astronomiyalıq (yamasa geografıyalıq) ken'lik** dep ataladı.



2-su'wret. Geografıyalıq (φ_g) ha'm geooraylıq (φ_a) ken'likler arasındaǵı ayırma.

2-su'wrette geooraylıq ken'liktin' bar ekenligi ko'rsetilgen (bul jerde oray Jer betin ta'ripleytug'ın ellipsoidtin' geometriyalıq orayı). Geografıyalıq ha'm geooraylıq ken'likler arasındaǵı matematikalıq ayırma:

$$\varphi_g - \varphi_a = 11'.6 \cdot \sin(2 \cdot \varphi_g)$$



3-su'wret. Geografıyalıq koordinatalıq tor.

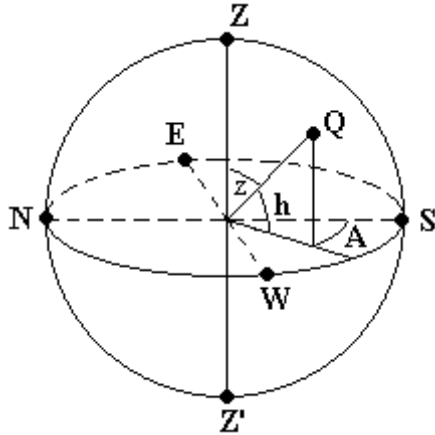
Gorizontallıq koordinatalar sisteması

A'dette gorizontallıq koordinatalar sisteması haqqındaǵı a'n'gime bılayınsha baslanadı: Ju'k ildirilgen jiptin' ZZ' sıızıg'ın ju'rgizemiz (joqarg'ı noqat Z - **zenit**, to'mengi noqat Z' - **nadir**). ZZ' sıızıg'ına perpendikulyar tegisliktin' aspan sferasının' u'lken shen'beri **matematikalıq yamasa astronomiyalıq gorizont** dep ataladı.

Solay etip ju'k ildirilgen jip sıızıg'ı koordinatalardıń gorizontallıq sistemasının' bas ko'sheri, al gorizont bolsa onın' bas tegisligi eken.

Gorizont tegisligi menen Q jaqtırtqışına qaray bag'ıtlang'an bag'ıt arasındaǵı mu'yesh h **biyiklik** dep ataladı. Eger jaqtırtqış gorizonttin' u'stinde jaylasqan bolsa bul mu'yeshdin' ma'nisi on', al gorizonttan to'mende jaylasqan bolsa teris dep esaplanadı. Gorizont ushın $h=0^{\circ}$, zenitte $h=90^{\circ}$, nadirde $h=-90^{\circ}$. Jaqtırtqış penen zenitke karay bag'ıtlang'an tuwrılar arasındaǵı mu'yesh jaqtırtqıştıń **zenitlik qashıqlıg'ı** dep ataladı. Aspan sferasın matematikalıq gorizontqa parallel tegislik penen keskende aling'an shen'ber **birdey biyiklikler shen'beri** yamasa **almukan-**

tarat dep ataladı. Q jaqtırtqıshı ha'm zenit Z arqalı o'tkerilgen u'lken shen'ber jaqtırtqıshın' *vertikalı* dep ataladı.



1-su'wret. Koordinatalardıń gorizontallıq sisteması

Ekinshi koordinatanı anıqlaw ushın gorizontta esaplaw noqatın, al onın' ushın arqa N yamasa tu'slik S noqatların anıqlaw kerek. A'dette tu'slik noqat dep Quyash gorizonttan maksimal ko'terilgendegi Quyash vertikalının' gorizont penen kesilisiw noqatın aladı. Gorizont tegisliginde jatatug'ın ha'm arqa, tu'silik noqatlardan o'tetug'ın tuwrı *tu'slik sızıq* dep ataladı. Batıs noqatı W menen shıg'ıs noqatı E tu'slik sızıq'ına perpendikulyar bolg'an sızıqtın' boyınsha jaylasadı.

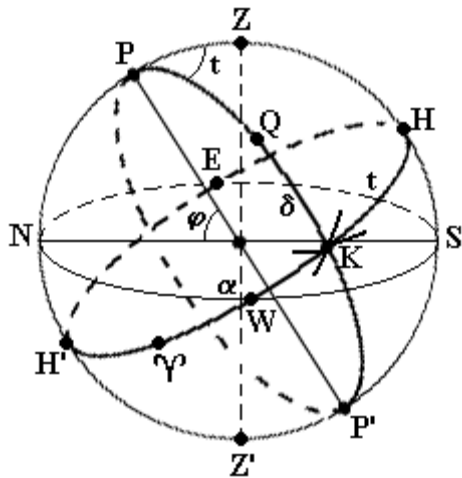
Gorizont tegisligindeki jaqtırtqıshın' vertikalı ha'm esaplaw noqatı arasındag'ı mu'yesh A azimut dep ataladı (1-su'wret). Eger zenit ta'repten karasaq (yag'nıy batıs ta'repke qaray) *astronomiyalıq azimut* tu'slik noqattan saat strelkasının' qozg'alıw bag'ıtı boyınsha esaplanadı. *Geodeziyalıq azimut* arka noqatınan sol bag'ıt boyınsha o'lsheledi.

Aspvan sferasının' zenit, arqa, tu'slik noqatları arqalı o'tetug'ın u'lken shen'beri *aspan meridianı* dep ataladı. Aspan meridianında Jer ko'sherinin' aspan sferasına tu'sirilgen proektsiyaları da jatadı. Olardı *du'nyanın' polyusları* dep ataymız. Zenit, batıs ha'm shıg'ıs noqatları arqalı o'tetug'ın u'lken shen'ber *birinshi vertikal* dep ataladı.

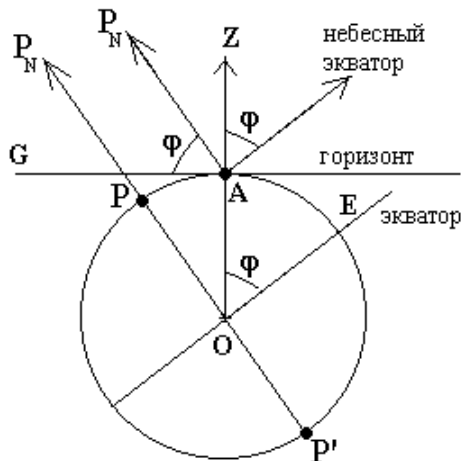
Zenit Z ha'm nadir Z' noqatları ushın $h = \pm 90^\circ$ ha'm azimut anıqlanbag'an.

Ekvatorlıq koordinatalar sisteması ha'm aspan sferasının' sutkalıq aylanısı

Ekvatorlıq koordinatalar sistemasında bas ko'sher du'nyalıq P ha'm P' polyusleri arqalı o'tetug'ın du'nya ko'sheri (1-su'wret), al bas tegislik – du'nya ko'sherine perpendikulyar tegislik bolıp tabıladı. Bas tegislik aspan sferasın u'lken shen'ber HWH'E boyınsha kesedi ha'm *aspan ekvatorı* dep ataladı. Aspan ekvatorı aspan sferasın arqa aspan yarım sharı ha'm tu'slik aspan yarım sharı dep atalatug'ın eki yarım sferag'a bo'ledi. Q jaqtırtqıshı ha'm P, P' polyusleri arqalı o'tetug'ın aspan sferasının' u'lken shen'beri *en'keyiw shen'beri* dep ataladı ha'm ol ekvator menen K noqatında kesilisedi. Du'nya ko'sheri Jerdin' aylanıw ko'sherine parallel bolg'anlıqtan aspan ekvatorının' Jer ekvatorının' dawamı ekenligin an'sat seziwge boladı. Sonlıqtan koordinatalardıń ekvatorlıq sistemasın aspan sferasına geografiyalıq koordinatalardıń proektsiyası dep atawg'a boladı.



1-su'wret. Koordinatalardıń ekvatorlıq sisteması (arqa yarım shar ushın).



2-su'wret. Du'nya polyuslarının' biyikligi teoremasına.

Gorizontqa salıstırǵanda du'nya polyusları menen aspan ekvatorı qalay jaylasqan? Birinshiden du'nya polyusları aspan meridianı tegisliginde jatadı. Al aspan meridianı baqlaw noqatındag'ı Jer meridianının' aspan sferasına tu'sirilgen proektsiyası bolıp tabıladı. Al baqlaw noqatındag'ı Jer meridianı bolsa jergilikli arqa-tu'slik bag'ıtı bolıp tabıladı. Ekinshiden gorizont u'stindegi du'nya polyusının' biyikligi baqlaw ornının' biyikligine ten'. Bul tastıyıqlawdı **du'nyanın' polyusının' biyikligi haqqındag'ı** teorema dep ataymız. Bul teorema ju'da' an'sat da'lillenedi (2-su'wret). A noqatının' geografiyalıq ken'ligi φ ekvator tegisligi menen sol A noqatının' radiusının' (OA tuwrısı) Jerdin' orayı O dag'ı kesilisiw mu'yeshi. Gorizont tegisligi A noqatında (2-su'wrettegi AG tuwrısı) OA radiusına perpendikulyar, al du'nyanın' arqa polyusına bag'ıt AP_N ekvator tegisligi OE ge perpendikulyar (anıqlaması boyınsha) bolǵ'anlıqtan AOE ha'm GAP_N mu'yeshlerinin' ta'repleri jup-juptan perpendikulyar ha'm sonlıqtan o'z-ara ten'. Demek du'nya polyusının' biyikligi P_N haqıyqatında da baqlaw noqatındag'ı geografiyalıq ken'lik φ ge ten'.

Endi **ekvatorlıq koordinatalar haqqında** ga'p etemiz. Bul koordinatalardıń biri Q noqatının' (1-su'wret) aspan ekvatorı (KQ dog'ası) mu'yeshlik qashıqlıǵına ten'. Bul koordinata **en'keyiw** dep ataladı ha'm δ ha'ripi menen belgilenedi. Ekvatordıń arqa ta'repinde en'keyiw on' ma'niske, al tu'slik ta'repinde teris ma'niske iye ha'm -90° nan $+90^\circ$ qa shekem o'zgeredi. Q jarqtırtqıshının' du'nya polyusı P g'a shekemgi mu'yeshlik kashıqlıq polyarlıq qashıqlıq p dep ataladı ja'ne δ en'keyiwine 90° qa shekem qosımshag'a ten'.

Ekvatorlıq sistemanın' ekinshi koordinatasın beriw ushın aspan ekvatorındag'ı esaplaw noqatın belgilep alıw kerek. Bul jerde eki variant bar ha'm usıǵ'an baylanıslı I ha'm II tiptegi ekvatorlıq sistemalarg'a iye bolamız. I tipte esaplaw noqatı bolıp aspan ekvatorının' aspan meridianı menen kesilisiw noqatı H noqatı xızmet etedi (1-su'wret). Aspan meridianı tegisligi menen aspan sferasının' aylanıw bag'ıtında esaplang'an jaqtırtqıstın' en'keyiw shen'beri Q dın'

kesilisiw mu'yeshi (yamasa HK dog'asın'ın' uzınlıg'ı) t **saat mu'yeshi** dep ataladı. H noqatı aspan sferasın'ın' sutkalıq aylanıwına qatnaspaytug'ın bolg'anlıqtan Q jaqtırtqışın'ın' saatlıq mu'yeshi t waqıtqa proporsional o'zgeredi. Usıg'an baylanıslı onı waqıtlıq birlikler bolg'an saatlarda, minutlarda ha'm sekundlarda o'lshegen qolaylı. A'dette t aspan meridianın'ın' eki ta'repine karay - 12^s tan $+12^s$ qa shekem o'zgeredi.

II tiptegi sistemada esaplaw noqatı sıpatında ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatı qabıl etilgen (\wedge). Bul noqat ekvator menen ekliptikanın' kesilisiwindegi eki noqattın' birewi bolıp tabıladı ha'm atap aytqanda Quyashtın' ba'ha'rde tu'slik yarım shardan arqa yarım sharg'a o'tiw noqatı alınadı. Ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatı aspan sferasında belgili bir ornıdı iyeleydi ha'm aspan sferasın'ın' sutkalıq qozg'alısına qatnasadı. Sonlıqtan onın' saatlıq mu'yeshi waqıtqa proporsional o'zgeredi. Ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatı \wedge nan Q jaqtırtqışın'ın' en'keyiw shen'berine shekemgi, aspan sferasın'ın' qozg'alıs bag'ıtına qarama-karsı bag'ıtta esaplang'an mu'yeshlik qashıqlıq (\wedge K dog'ası, esaplaw \wedge dan shıg'ıs ta'repke karay) **tuwrı shıg'ıw** dep ataladı ja'ne α ha'ripi menen belgilenedi (1-su'wret). A'lbette du'nya polyusları P ha'm P' ushin saatlıq mu'yesh te, tuwrı shıg'ıw da anıqlanbag'an. Esaplaw bag'ıtı usınday etip saylap alıng'anda H noqatın'ın' tuwrı shıg'ıwı da waqıtqa proporsional o'zgeredi. Sonlıqtan α shamasın da waqıt birliklerinde o'lsheymiz (biraq 0^s tan 24^s qa shekem). Ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatın'ın' saatlıq mu'yeshi – 1-su'wrettegi H \wedge dog'asın'ın' uzınlıg'ı s **juldızlıq waqıt** dep ataladı, al birdey atalatuğ'ın ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatın'ın' izbe-izliktegi eki kulminatsiyası arasındag'ı waqıt **juldızlıq sutka** dep ataladı. Juldızlıq sutkaların' bası retinde ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatın'ın' joqarg'ı kulminatsiya momenti kabil etilgen. Su'wrette ko'rsetilgenindey juldızlıq waqıt, saatlıq mu'yesh ha'm tuwrı shıg'ıw $s = \alpha + t$ tu'rindegi an'latpa arqalı baylanısqa.

Juldızlıq waqıttı da a'dette saatlarda, minutlarda ha'm sekundlarda an'latadı. Biraq bul ku'ndelikli turmista qollanılatus'ın saatlar, minutlar ha'm sekundlar emes. Ku'ndelikli turmistag'ı bul saatlar, minutlar, sekundlar Quyashtın' penen baylanıslı bolg'anlıqtan, al Quyashtın' bolsa jıl dawamında ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw noqatına salıstırğ'anda awısadı, juldızlıq sutkaların' bası gu'zde tu'ng'e, qısta keshke, ba'ha'rde ku'ndizge, al jazda azang'a sa'ykes kiledi. Quyashtın' sutkalıq qozg'alısına baylanıslı o'lshegetug'ın waqıt **quyashtın' waqıtı** dep ataladı.

Endi ekvatorlıq koordinatalar sisteması menen gorizontallıq koordinatalar sistemaları arasındag'ı baylanıstı tabamız. O'tiw formulaları Du'nya polyusı – Zenit – Jaqtırtqış sferalıq u'sh mu'yeshliginen keltirilip shıg'arıladı. En'keyiw δ nı, saatlıq mu'yesh t nı geografiyalıq ken'lik φ , astronomiyalıq azimut A ha'm zenitlik qashıqlıq z boyınsha esaplaw ushin to'mendegi formulalar qollanıladı:

$$\sin(\delta) = \sin(\varphi) \cdot \cos(z) - \cos(\varphi) \cdot \sin(z) \cdot \cos(A)$$

$$\sin(t) = \sin(z) \cdot \sin(A) / \cos(\delta)$$

$$\cos(\delta) \cdot \cos(t) = \cos(\varphi) \cdot \cos(z) + \sin(\varphi) \cdot \sin(z) \cdot \cos(A)$$

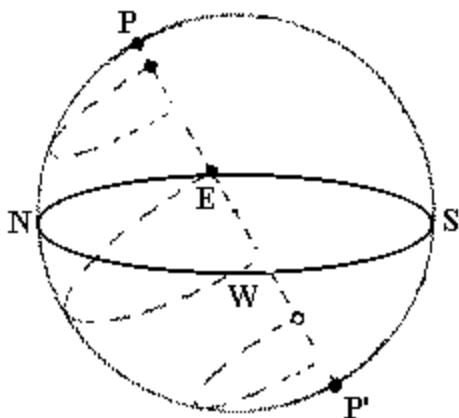
Bul an'latpalardag'ı belgisizler sanı eki bolsa da u'shinshi ten'leme saatlıq mu'yesh t nı anıqlaw ushin gerek. Keri o'tiw azimuta A ha'm zenitlik qashıqlıq z lerdi belgili bolg'an φ , t ha'm δ lar arqalı to'mendegi formulalar menen esaplaydı:

$$\cos(z) = \sin(\delta) \cdot \sin(\varphi) + \cos(\delta) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(t)$$

$$\sin(A) = \cos(\delta) \cdot \sin(t) / \sin(z)$$

$$\sin(z) \cdot \cos(A) = \sin(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(t) - \cos(\varphi) \cdot \sin(\delta)$$

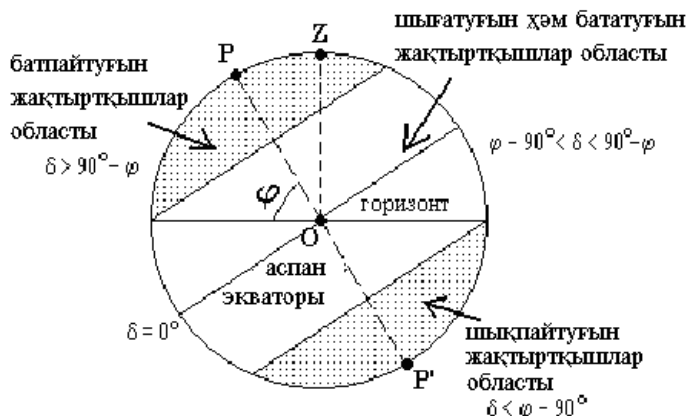
$$z = 0^\circ \text{ ha'm } z = 180^\circ \text{ ushin (zenit ha'm nadir) azimut A anıqlanbag'an.}$$



3-su'wret. Jaqtırtqıstın' orta ken'liklergegi aspan sferası boyınsha qozg'alıwı.

Endi aspan sferasının' sutkalıq aylanıwı haqqında ga'p etemiz. Ha'zirshe α ha'm δ ları turaqlı bolg'an jaqtırtqıshlardı karaymız. Jer batıstan shıg'ısqa karay PP' (2-su'wret) ko'sheri do'gereginde bir sutkada bir ret aylanadı. Sonlıqtan aspan sferasının' ko'zge ko'rinetug'm aylanısı da tap sonday tezlik penen boladı (biraq keri bag'ıtta – shıg'ıstan batısqa karay, 3-su'wret). Aspan sferasındag'ı qa'legen noqatının' en'keyiwı waqıtqa baylanıslı o'zgermeydi, al saatlıq mu'yesh bolsa waqıtqa proporsional o'zgeredi. Sonlıqta ha'r bir jaqtırtqısh sutkalıq aylanısta aspan ekvatorına parallel qozg'aladı (turaqlı en'keyiw menen kishi shen'berler boyınsha). Payda bolg'an parallalardı **sutkalıq paralleller** dep ataydı.

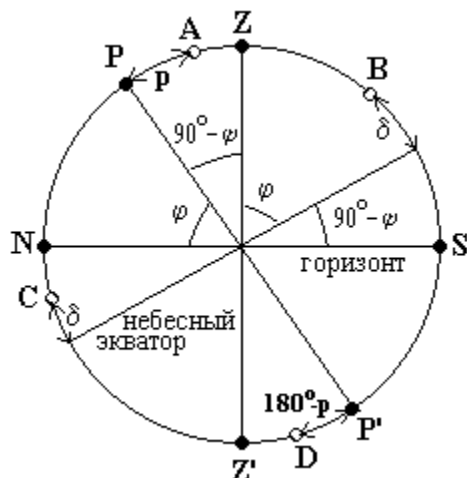
Aspan sferasının' ha'r kıylı noqatlarındag'ı sutkalıq parallellerge urınbalar gorizont tegisligine ha'r kıylı mu'yeshler menen bag'ıtlang'an ha'm Jaqtırtqıstın' zenit Z arqalı o'tiwın **jo-qarg'ı kulminatsiya** dep ataydı (usı momentte jaqtırtqısh aspan sferasındag'ı o'zinin' en' jo-qarg'ı noqatı arqalı o'tedi). Al nadir Z' bar aspan meridianının' basqa yarımı arqalı jaqtırtqıstın' o'tiw momenti **to'mengi kulminatsiya** dep ataladı. Bul noqatta jaqtırtqıstın' biyikligi minimallıq ma'niske jetedi. $\pm 6^s$ saat mu'yeshinde barlıg'ı da kerisinshe: jaqtırtqıstın' biyikligin' o'zgeriw tezligi maksimallıq, al azimuttiki minimallıq.



4-su'wret. Aspan sferasındag'ı jaqtırtqıshlardın' u'sh oblastı.

Aspan ekvatorı ($\delta = 0^\circ$) u'lken shen'ber bolıp tabıladı. Sonlıqtan ekvatorın' yarımı barlıq waqıtta da gorizonttın' astında, ekinshi jartısı gorizonttın' u'stinde jaylasadı. $\delta > 0^\circ$ de jaqtırtqıstın' sutkalıq parallelinin' ko'pshilik bo'legi gorizont astında ha'm en'keyiw u'lken bolg'an sayın bul bo'lim arqa noqatına jaqın (jaqtırtqısh arqa noqatına jaqın noqatlarda shıg'adı ha'm batadı). Arqa noqatının' en'keyiwı $90^\circ - \varphi$, sonlıqtan $\delta = 90^\circ - \varphi$ de shıg'ıw ha'm batıw noqatları arqa noqatı menen birigedi. Onın' ushin sutkalıq parallel gogizontqa tiyedi. $\delta > 90^\circ - \varphi$ bolg'an jaqtırtqıshlarda to'mengi kulminatsiya gorizont astında boladı, yag'nıy jaqtırtqısh shıqpaytuğın jaqtırtqısh boladı (4-su'wret). Tap sol sıyaqlı $\delta < 0^\circ$ de jaqtırtqıstın' sutkalıq parallelinin' u'lken bo'legi gorizont astında boladı, al shıg'ıw ha'm batıw noqatları tu'slik ta'repke

ko'birek jilisqan boladı. $\delta < \varphi - 90^\circ$ jag'dayında joqarg'ı kulminatsiya gorizonttın' astında bolıp o'tedi ha'm shıqpaytug'ın jaqtırtqısh boladı.



5-su'wret. Kulminatsiyadag'ı jaqtırtqıstın' biyikligi.

Jaqtırtqıstın' kulminatsiya momentindegi biyikligi ayrıqsha kızıqlı. En' joqarg'ı biyiklik (90°) jaqtırtqıstın' joqarg'ı kulminatsiyası momentinde orın aladı (bul waqıtta jaqtırtqısh zenit arqalı o'tedi, yag'nıy $\delta = \varphi$). 5-su'wrette ko'rinip turg'anınday $\delta < \varphi$ sha'rti orınlanatug'ın jaqtırtqıshlardın' joqarg'ı kulminatsiyası zenitke salıstırg'anda tu'slik ta'repte bolıp o'tedi ($\delta < \varphi - 90^\circ$ bolsa gorizont astında) ha'm olardıń usı momenttegi biyikligi $h = 90^\circ - \varphi + \delta$. $\delta > \varphi$ bolg'an jaqtırtqıshlar kulminatsiyanın' joqarg'ı momentinde zenitten arqa ta'repte $h = \varphi + p = 90^\circ + \varphi - \delta$ biyikliginde bolıp o'tedi. To'mengi kulminatsiya ushın usı aytlıg'anlar kerisinshe o'tedi.

Quyash sistemasının' du'zilisi

1. *Quyash sistemasının' du'zilisi haqqındag'ı ko'z-qaraslardın' rawajlanıwı.* A'lemnin' qalay du'zilgenligi haqqındag'ı ko'z-qaraslardın' rawajlanıw tariyxı ju'da' A'yyemnen baslanadı. A'yyemgi ata-babalarımız ta'biyat ha'm onın' qubılısların tu'sindiriwge a'zzilik qılıp, A'lem denelerinin' qozg'alısların basqaratug'ın qanday da bir ka'ramatlı ku'sh bar dep isenetug'ın edi. A'lemnin' o'zi de usı ku'sh ta'repinen jaratılğ'an degen pikirde boldı.

A'yyemgi waqıtları ko'p jıllar dawamında Quyashtı ha'm Aydı quday dep qarap, olarg'a sıymar edi. Mısalı Mısırda Ra qudayı dep, grekler bolsa Gelios qudayı dep og'an sıymındı.

A'lemnin' du'zilisi haqqındag'ı da'slepki ko'z-qaraslar ju'da' a'piwayı bolıp, olarda Jer menen Aspan biri birine qarama-qarsı qoyılatug'ın edi. Adamlar Jerdi tegislik tu'rinde, aspandı bolsa juldızlar «bekitilgen» gu'mbez sıpatında ko'z aldına elesletti.

Bizin' eramızdan buring'ı IV a'sirde belgili grek filosofi Aristotel ta'repinen Jerdin' shar ta'rizli ekenligi ta'riplendi. Adamlar sanasında A'lemnin' orayında qattı Jer sharı jaylasıp, onın' a'tırapında juldızları menen qattı aspan jaylasadı ha'm aylanadı degen ko'z-qaraslar hu'kimdarlıq qıldı.

Eramızdın' II a'sirinde belgili Aleksandriyalıq astronom Kladviy Ptolemey A'lemnin' du'zilisinin' jan'a *geooraylıq* (yag'nıy *orayında Jer turatug'ın*) *sistemasın* do'retti. Bul teoriyag'a muwapıq A'lemnin' orayında Jer turıp, basqa planetalar, sonın' ishinde Quyash, onın' a'tırapında 21-su'wrette keltirilgen ta'rtıp penen aylanadı. Sonday-aq bul ta'limatqa sa'ykes, en son'g'ı sferada juldızlar Jerden birdey qashıqlıqta jaylasıp, onın' a'tırapında aylanadı.

Biraq waqıttın' o'tiwi menen planetalar qozg'alısların teren'irek ha'm da'l u'yreniw, planetalardıń juldızlar fonında baqlanatug'ın o'zine ta'n qozg'alısların bul teoriya tiykarında tu'sindiriwdi qıymlastırıp jiberdi. Aqıbetinde bul teoriyanın' A'lemnin' du'zilisini durıs

sa'wlelendire almaytug' inlig'ı ko'rine basladı ha'm onı baqlaw na'tiyjelerine sa'ykes, jan'a teoriya menen almasıruw za'ru'rıgı tuwıldı.

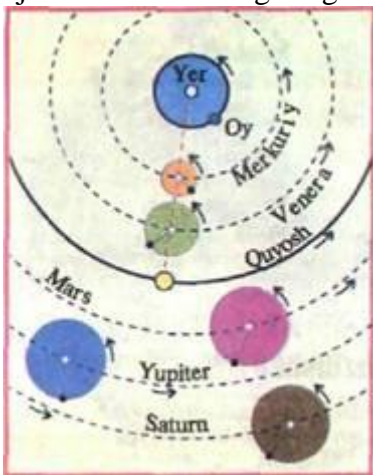
2. *A'lemnın' du'zilisinin' geliooraylıq teoriyası.* XVII a'sirde belgili polyak astronomı Nikolay Kopernik (1473-1543) ta'repinen ko'p jıllıq astronomiyalıq baqlawlar tiykarında A'lemnın' du'zilisinin' geliooraylıq teoriyası jaratıldı.

Bul teoriyag'a sa'ykes A'lemnın' orayında Quyash turıp, barlıq planetalar, sonın' ishinde Jer, onın' a'tirapında belgili bir ta'rıp penen aylanadı (22-su'wret). Juldızlar bolsa Ptolemey teoriyasıdag'ı sıyaqlı en' keyingi sferada jaylasıp, Quyashın' a'tirapında bir birine salıstırğ'anda qozg'almag'an halda aylanadı.

Kopernik birinshi bolıp, planetalardıń juldızlar fonındag'ı shen'ber ta'rizli qozg'alıslarının' sebebin Jerdin' Quyash a'tirapında basqa barlıq planetalar qatarında aylanıwının' sebebinen ekenligin ko'rsetip berdi (23-su'wret). Koperniktin' A'lemnın' du'zilisi haqqındag'ı bul teoriyası geliooraylıq teoriya degen at aldı.

A'lem du'zilisinin' geliooraylıq teoriyası belgili İtaliyalıq ilimpaz, filosof Djordano Bruno (1548-1600) ta'repinen rawajlandırıldı. Mısalı ol o'z teoriyasında A'lemnın' qozg'almaytug'ın juldızlar sferası menen shegaralanbaytug' inlig'in, juldızlar Quyashtan ha'r qıylı qashıqlıqlarda jaylasatug'ın og'an usıg'an ob'ektler ekenligin, olardıń a'tirapında da Quyashın' a'tirapındag'ı sıyaqlı planetalarının' bolıwının' mu'mkinligin ko'rsetti. Keyingi ju'z jıllar ishinde o'tkerilgen astronomiyalıq baqlawlar onın' haq ekenligin da'lilledi.

Belgili İtaliyalıq astronom Galileo Galiley (1564-1642) teleskop sog'ıp, aspan denelerin u'yreniw maqsetinde onı birinshi bolıp usı denelerge qarattı. Na'tiyjede Koperniktin' geliooraylıq teoriyasın tastıyıqlawshı bir talay da'lillerdi qolg'a kirgizdi. Mısalı ol Veneranın' Ayg'a usap ha'r tu'rli fazalarda ko'rinetug' inlig'in ashtı. Ayda bolsa Jerdegi sıyaqlı tawlarıdın', tegisliklerdin' bar ekenligin anıqladı. Galiley o'z teleskopı ja'rdeminde Quyash betinde daqlardıń bar ekenligin, Yupiterdin' a'tirapında aylanatug'ın to'rt joldasının' ha'm Qus jolının' ko'p sanlı juldızlardan turatug' inlig'in ko'rsetti.



Ptolemeydin' geooraylıq sisteması.

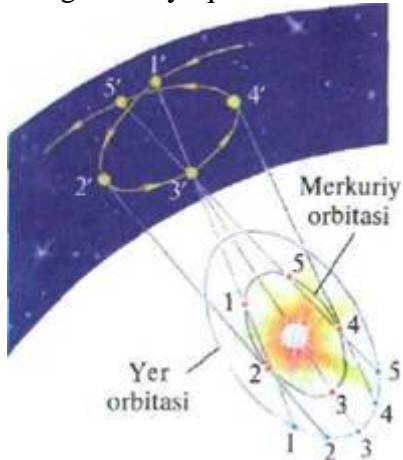


A'lemnın' du'zilisinin' geliooraylıq sisteması (orayında Quyash).

Bul baqlawlar na'tiyjesinde Jerdin' Quyash a'tirapında aylanıwshı a'dettegi bir planeta ekenligi anıqladı ha'm Kopernikke shekem hu'kim su'rgen «Jer A'lemnın' orayında turadı» degen durıs emes ko'z-qaraslarg'a soqqı berdi.

A'lemnın' du'zilisi haqqındag'ı ko'z-qaraslardın' qa'liplesiwinde watanlasımız ullı alım A'biw Rayhan a'l-Beruniydin' (973-1048) u'lken xızmeti bar. Ol uzaq jıllar dawamında o'tkerilgen astronomiyalıq baqlawlarına su'yenip planetalardan Merkuriy menen Veneranın' Quyashtan uzaq kete almaytug' inlig'in (mu'yeshlik o'lshemler menen esaplang'anda) anıqladı ha'm usı tiykarda bul eki planeta Quyashın' a'tirapında aylansa kerek degen tuwrı juwmaqqa keldi (24-su'wret). Beruniy tiykarında geooraylıq sistemanın' ta'repdarı bolıp qalg'an bolsa da,

onin' ishki planetalarg'a (Merkuriy ha'm Venera) tiyisli bul juwmag'ı XI a'sirde A'lemnin' du'zilisinin' geliooraylıq sistemasın do'retiw bag'darında qoyılǵ'an ullı qa'dem edi.



Planetalardıń baqlanatug'ın aylanbalı qozǵ'alısların tu'sindiriw.

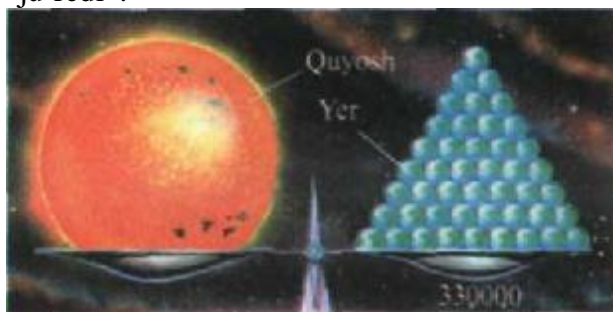


Beruniydin' A'lemnin' du'zilisi haqqındag'ı ko'z-qarasları. Usı ko'z-qaraslarg'a sa'ykes Quyash o'z a'tirapında aylanatug'ın joldasları – Merkuriy ha'm Venera menen birge Jer a'tirapında aylanadı.

Quyash sistemasının' ag'zaları ha'm o'lshepleri

Quyash sistemasına kiriwshi deneler menen biz da'slep «Ta'biyattanıw» sabaqlarında tanısqań edik. Bul sistemanın' en' iri denesi Quyash bolıp, onın' diametri Jerdin' diametrinen 109 ese u'lsen, massası bolsa 330 000 Jer massasıǵ'a ten' (25-su'wret) ekenligi ma'lim. Onın' a'tirapında 9 iri planeta bir birine jaqın tegisliklerde ha'r qıylı da'wirler menen aylanadı. Quyashqa uzaqlıǵına sa'ykes bul planetalar onın' a'tirapında to'mendegi ta'rtip penen jaylasqań: Merkuriy, Venera, Jer, Mars, Yupiter, Saturn, Uran, Neptun ha'm Pluton.

Quyash sistemasının' en' shetki planetası Pluton Quyashqa Jerge qarag'anda 40 esedey uzaqlıqta jaylasqań. Jerdin' Quyashqa ortasha uzaqlıǵı 150 million kilometr. Demek Plutonnın' Quyashqa uzaqlıǵı ortasha 6 milliard kilometrdi quraydı. Quyashqa Jerge shekem onın' nurları 8 minuttan sa'l ko'birek waqıtta jetip keledi. Al Plutong'a shekem 5,5 saattan ko'birek waqıt «ju'redi».

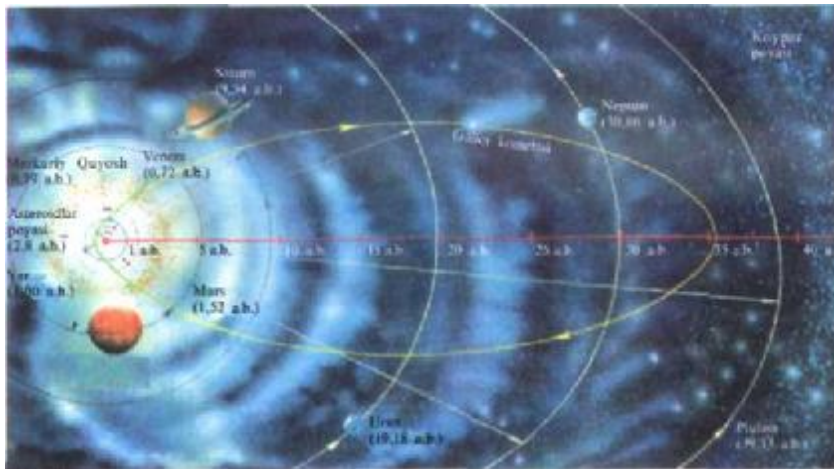


Jer o'lshepin Quyashqa o'lshepi menen salıstırıw.

Quyash sistemasında, iri planetalar menen birge mın'lap mayda planetalar (u'lkenlikleri bir neshe ju'z metrdan bir neshe ju'z kilometrge shekem keletug'ın) da aylanıp, olardıń orbitaları tiykarınan Mars penen Yupiterdin' orbitalarının' arasında jatadı.

Sonın' menen birge Quyash sistemasında ju'da' sozilg'an ellips ta'rizli orbitalar boylap qozǵ'alatug'ın ha'm qattı yadrosı gaz qabıǵı menen oralıp Quyashqa jaqınlag'anda «quyırıq» payda etetug'ın kometalar dep atalıwshı deneler de bar.

Bulardan basqa Quyash sisteması shegarasında Quyash a'tirapında esap sansız, o'lshepleri qum bo'lekshelerinin' u'lkenligindegi deneler ellips ta'rizli orbitalar menen aylanadı. Olardı meteor deneler dep ataymız.



Quyash sistemasının
masshtablari.

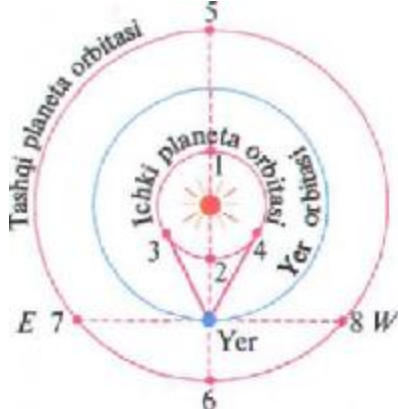
Quyash sistemasında qozg'aliwshı iri planetalardıń qanshama u'iken bolıwına qaramay, Quyash penen salıstırǵanda ju'da' kishi aspan deneleri bolıp esaplanadı. Planetalar ha'm barlıq mayda denelerdin' massaları birgelikte Quyash sisteması denelerinin' ulıwmalıq massasının' 0,1 protsentin, Quyashtıń massası bolsa shama menen 99,9 protsentin quraydı (su'wret). Sonın' ushın da Quyash o'z sistemasına kiriwshi barlıq denelerdin' qozg'alısların basqaradı. Juldızlar Quyash sistemasına kiriwshi denelerge salıstırǵanda mın'lag'an ese uzaqta jaylasqan. Sonın' ushın olar ha'tte en' ku'shli teleskoplar ja'rdeminde qaralǵanda da bir noqat tu'rinde ko'rinedi. Haqıyqatında bolsa juldızlar ko'pshilik jag'daylarda Quyashtan da u'iken o'lshemlerge iye bolǵan og'an uqsas bolǵan jariq ha'm ıssı aspan deneleri bolıp esaplanadı.

Planetalardıń konfiguratsiyaları ha'm ko'riniw sha'rtleri

Quyash a'tirapında qozg'alatug'ın planetalardıń juldızlar fonındag'ı tutqan orınları, qozg'alıstıǵı Jerden baqlang'anlıǵı sıyaqlı o'zine ta'n ko'rinske iye boladı. Planetalardıń Jerden qarag'anda Quyashqa salıstırǵanda iyelegen orınları olardıń konfiguratsiyaları dep ataladı.

Planetalardan ekewinin' konfiguratsiyaları menen tanısaiyq. 27-su'wrette Quyash a'tirapında Jer menen birge shen'ber ta'rizli aylanıwshı eki planetanın' orbitası ko'rsetilgen. Olardan birinin' orbitası ishki planetag'a (orbitası Jer orbitasınan' ishinde jaylasqan - Merkuriy yamasa Venerag'a), ekinshisi bolsa sırtqı planetag'a (orbitası Jer orbitasınan' sırtta jatqanına) tiyisli.

Jerdin' su'wrettegi jag'dayında ishki planeta iyelegen 1- ha'm 2-hallar planetanın' Quyash penen qosılıw halları dep atalıp, 1-to'mengi qosılıw, 2-joqarı qosılıw dep ataladı.



Planetalardıń konfiguratsiyaları ha'm ko'riniw
sha'rtleri.

Planeta 1- ha'm 2- hallarda Quyash nurına ko'milip ko'rinbeydi, yag'nıy bul onın' ko'rinbeytug'ın da'wiri boladı. Ishki planetanın' Quyashtan shıǵ'ıs ha'm batıs ta'repke maksimal uzaqlasqan (mu'yeshlik esapta) haldag'ı ko'rinsleri (elongatsiyaları) onın' 3- ha'm 4- hallarına tuwrı keledi. Eger ishki planeta 3- halda bolsa, ol Quyashtıń shıǵ'ıs ta'repinde bolǵanlıǵı se-

bepi kesh qurın Quıash batqannan keyin aspannıń batıs ta'repte gorizonttan bir qansha biyiklikte jaqsı ko'rinedi. Eger usı halda, yag'nıy Quıashtan batıs ta'repte bolsa tan' aldında Quıashtın' shıg'ıwınan aldın shıg'ıs ta'repte ko'rinedi.

Sırtqı planetag'a tiyisli 5-hal *qosılıw* (yag'nıy Quıash penen qosılıw), 6-hal *qarama-qarsı turıw* (yag'nıy Quıashqa salıstırğanda qarama-qarsı turıw) dep ataladı. Keyingi halında planeta Quıashtan 180° mu'yeshlik qashıqlıqta jaylasadı.

Sırtqı planeta 5-halda Quıash penen qosılıp Jerdegi baqlawshı ushın o'zinin' ko'rinbeytug'ın da'wirin o'tip atırğ'an boladı. 6-halda bolsa Quıashqa qarama-qarsı turg'anlıg'ınan Quıashtın' batıwı menen planeta shıg'ıs ta'repte gorizonttan ko'teriledi ha'm pu'tkil tu'n dawamında onı baqlaw mu'mkin boladı. Planetanın' 7- ha'm 8-halları sa'ykes ra'wishte onın' *shıg'ıs ha'm batıs kvadratura halları* dep ataladı. Planeta 7- halda bolğ'anda onı Quıash batqannan keyin tu'nnin' yarımına shekem, al 8-halda bolğ'anda bolsa, onı tu'nnin' yarımınan erte tan'g'a shekem gorizont u'stinde ko'riw mu'mkin boladı.

Planetalardıń Quıash a'tirapında qozg'alısları. Olardıń da'wirleri

Barlıq planetalar Quıash a'tirapında bir ta'repke qarap, yag'nıy shıg'ıstan batısqa qaray qozg'alıp aylanadı. Quıashtan uzaqlıqlarına sa'ykes, olardıń aylanıw da'wirleri ha'r qıylı bolıp, Quıashqa jaqınları kishi, uzaqtag'ıları bolsa u'iken da'wirler menen aylanadı. Mısalı Quıashqa en' jaqın Merkuriy onın' a'tirapın 88 sutkada aylanıp shıqsa, Pluton Quıash a'tirapında sa'l kem 240 jıllıq da'wirde bir ret aylanadı. Olardıń qozg'alıs tezlikleri de ha'r qıylı bolıp Quıashtan uzaq qashıqlıqlarda aylanatug'ın planetalar jaqın jaylasqan planetalarg'a qarag'anda bir qansha kishi tezlikler menen qozg'aladı.

Qosımshadag'ı kestede planetalardıń Quıash a'tirapında aylanıslarına tiyisli mag'lıwmatlar keltirilgen. Sonın' menen birge, bul kestede planetanın' orbita tegisligi menen Jerdin' Quıash a'tirapında aylanıw tegisligi (ekliptika tegisligi) arasındag'ı qanday mu'yesh payda etetug'ınlıg'ı da keltirilgen. Kesteden ko'rinip turg'anınday, barlıq planetalar ekliptika tegisligine jaqın jaylasqan orbitalar boylap qozg'alatug'ınlıg'ı ma'lim boladı.

Planetalardıń Quıash a'tirapında haqıyqıy aylanıw da'wirleri olardıń *siderlik* yamasa *juldızlıq da'wiri* dep ataladı. Planetanın' siderlik da'wiri (T_{pl}) dep onın' Quıash a'tirapında belgili bir juldızg'a salıstırğanda tolıq aylanıp shıg'ıwı ushın ketken waqıtqa aytıladı. Planetanın' *sinodlıq da'wiri* (S_{pl}) dep onın' birdey konfiguratsiyalıq jag'daylarının', yag'nıy planetanın' Quıash ha'm Jerge salıstırğanda qabıl qılınğ'an belgili bir jag'daylarının' (planetalardıń qosılıwı, elongatsiyaları yamasa qarama-qarsı turıwları) birden eki ret izbe-iz o'tiwi ushın za'ru'r bolğ'an waqıt aralıg'ına aytıladı. Planetanın' sinodlıq da'wiri S_{pl} Jerdin' qozg'alısı menen baylanışlı bolıp Jerdin' siderlik da'wiri T_{\oplus} ha'm planetanın' siderlik da'wiri T_{pl} menen to'mendegidey baylanısqa.

Ishki planetalar ushın Jer ha'm planetanın' sutkalıq jılıwları ayırmasınan:

$$\frac{360^\circ}{S_{pl}} = \frac{360^\circ}{T_{pl}} - \frac{360^\circ}{T_{\oplus}} \text{ yamasa } \frac{1}{S_{pl}} = \frac{1}{T_{pl}} - \frac{1}{T_{\oplus}}.$$

Bunnan

$$S_{pl} = \frac{T_{\oplus} T_{pl}}{T_{\oplus} - T_{pl}}.$$

Sırtqı planetalar ushın

$$\frac{1}{S_{pl}} = \frac{1}{T_{\oplus}} - \frac{1}{T_{pl}}.$$

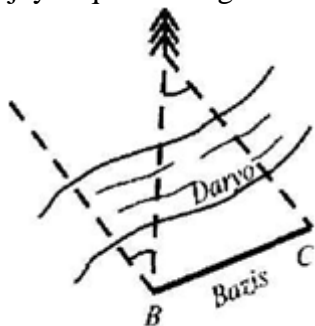
Bunnan

$$S_{pl} = \frac{T_{\oplus} T_{pl}}{T_{pl} - T_{\oplus}}.$$

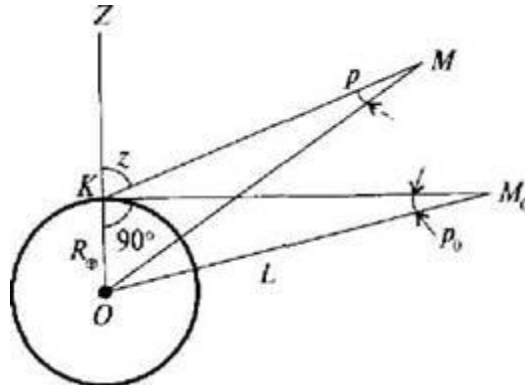
Quyash sisteması denelerine shekemgi qashıqlardı anıqlaw

1. Quyash sistemasına kırıwshı denelerge shekemgi (planetalar, Ay, mayda planetalar ha'm basqalar) qashıqlıqlar trigonometrik jol menen sutkalıq parallaks dep atalıwshı metod ja'rdeminde tabıladı.

Biz geometriya kursında bariwg'a bolmaytug'ın noqatlarg'a shekemgi qashıqlıqlardı anıqlaw boyınsha qollang'an usılıımızdı eske tu'sireyik. 30-su'wrette B noqatınan turıp, da'ryanın' arg'ı jag'asında jaylasqan A teregine shekemgi qashıqlıqtı tabıw kerek bolsın.



Bariwg'a bolmaytug'ın noqatqa shekemgi qashıqlıqtı anıqlaw usılı.



Jaqtırtqıstın' sutkalıq (p) ha'm sutkalıq-gorizontallıq parallaksı.

Bunın' ushın da'ryanın' biz turg'an ta'repinde bir C noqatın alıp BC nın' uzınlıg'ın u'lken da'llik penen o'lsheymiz. Bul kesindinin' ushlarınan A ob'ekt (terek aling'an) qarasaq, og'an qarag'an bag'ıtlardıń (AB ha'm AC) baqlawshının' B dan C g'a jıljiwına sa'ykes ra'wishte jıljiwına gu'wa bolamız. Qarap atırg'an ob'ektke qaray bag'ıttın' baqlawshının' jıljiwına sa'ykes ra'wishtegi jıljiwı paralakslıq jıljiw dep ataladı. BC aralıg'ı bolsa *bazıs* dep ataladı. Bazistın' belgili bir uzınlıg'ı ha'm onın' ushlarınan ob'ekt ta'repke bag'ıtlar menen hasıl qılın' an B ha'm C mu'yeshlarine (o'lshewler tiykarında olar an'sat tabıladı) sa'ykes ob'ektke shekemgi aralıq A anıqlanadı.

Endi Quyash sisteması denelerine shekemgi qashıqlıqlardı tabıw ma'selesine kelsek, onda bazıs sıpatında Jer radiusı alınadı. Aspan denesi (M) ha'm baqlawshı (K) arqalı o'tken Jer radiusı ushlarına o'tkerilgen tuwrı sızıqlar arasındag'ı mu'yesh bul aspan denesinin' (jaqtırtqısh) sutkalıq parallaks mu'yeshi dep ataladı.

Eger jaqtırtqısh baqlawshıg'a salıstırg'andag'ı gorizontta jaylasqan bolsa (M₀ noqatta), onın' parallaksı sutkalıq gorizontallıq parallaks (p₀) dep ataladı.

Bazı bir planetanın' sutkalıq gorizontallıq parallaks mu'yeshin tabıw ushın bir waqıtta Jerdin' belgili bir meridianının' eki noqatınan (K ha'm C) onı baqlaw kerek boladı. Bunda planeta uzaqtag'ı juldızlardın' fonında paralakslıq jıljiw'an halda eki (M₁ ha'm M₂) noqatta ko'rinedi. Planetanın' paralakslıq jıljiwı tiykarında p₀ mu'yeshi tabılıp og'an su'yengen halda L planetag'a shekemgi qashıqlıq M₀OK tuwrı mu'yeshli u'sh mu'yeshliginen to'mendegidey tabıladı:

$$\sin(p_0'') = \frac{R_{\oplus}}{L}.$$

$$\text{Bul an'latpadan } L = \frac{R_{\oplus}}{\sin(p_0'')} = \frac{206265}{p_0} R_{\oplus},$$

Sebebi

$$\sin(p_0'') = p_0' \sin 1'', \quad \sin 1'' = \frac{1}{206265}.$$

Bul jerde R_{\oplus} arqalı Jerdin' radiusı belgilengen.

2. Ha'zirgi waqıtları Quyash sisteması denelerine shekemgi qashıqlıqlar radiolokatsiyalıq metod ja'rdeminde de ju'da' u'lken da'llik penen tabıladı.

Bunda Jerden jalg'ız planetag'a shekem jiberilgen signaldın' (elektromagnit tolqınnın') og'an barıp ha'm qaytıp keliwi ushın ketken waqıt t bolsa, onda onın' o'tken jolının' $2L$ ekenligin ha'm radiotolqınnın' tarqalıw tezliginin' jaqtılıq tezligi c g'a ten' ekenligin esapqa alsaq $c = \frac{2L}{t}$ dep jazıw mu'mkin. Bunnan aspan denesine shekemgi aralıq $L = \frac{ct}{2}$ an'latpası menen esaplanadı.

Usı jol menen Jerden Quyash sistemasının' denelerinin' barlıg'ına shekemgi qashıqlıqlar, sonın' ishinde Quyashtın' o'zine shekemgi qashıqlıq (1 astronomiyalıq birlik = 149598500 km) ju'da' joqarı da'llik penen anıqlang'an.

Astronomiyadag'ı uzınlıq birlikleri

Astronomiyada uzınlıqtın' xalıq aralıq sistemada qabıl etilgen birlikte (metrlerde) ta'riplew qolaylı emes ha'm u'lken qıyınshılıqlar payda etedi. Sonın' ushın astronomiyada uzınlıq to'mendegi arnawlı birliklar menen o'lsenedi:

1. Astronomiyalıq birlik (a.b.) - Quyashtan Jerge shekemgi bolg'an ortasha aralıq = 149,6 million kilometrge ten'. Bul birlikten tiykarınan, Quyash sistemasındag'ı aspan denelerine shekemgi (planetalar, kometalar, Ay ha'm basqalar) bolg'an qashıqlıqlardı ta'riplewde paydalanıladı.

2. Jaqtılıq jılı (j.j.) - jaqtılıqtın' bir jılda o'tken jolı menen xarakterlenedi. Bunday uzınlıqtı kilometrlerde ta'riplew ushın bir jılda qansha sekund barlıg'ı tabılıp, son'man onı jaqtılıq tezligine ($3 \cdot 10^5$ km/s) ko'beytiledi. 1 jıldag'ı sekundlardın' mug'darı $365,2422 \cdot 24 \cdot 3600$ s boladı.

	Bul	Jerde	365,2422	-
bir jıldag'ı	sutkalardıń	sanın,	24	bir sutkadag'ı
3600	bolsa	ha'r bir saattag'ı	sekundlar	sanın bildiredi.

Bul sanlardı o'z-ara ko'beytip 1 jaqtılıq jılının' (1 j.j.) $9,46 \cdot 10^{12}$ km ge ten' ekenligine iye bolamız. Tabılğ'an na'tiyjeni 149,6 mln km ge bo'lsek 1 j.j. nın' astronomiyalıq birliklerdegi shamasın tabamız. Ol 63240 a.b. ke ten' bolıp shıg'adı.

3. Parsek (pk) - «parallaks» ha'm «sekunda» so'zlerinen alıng'an bolıp, jıllıq parallaksı (VIII, 6- §) $1''$ qa ten' bolg'an jaqtırtqıshqa shekemgi qashıqlıqtı ta'ripleydi:

$$1 \text{ pk} = 3,26 \text{ j.j.} = 206265 \text{ a.b.} = 30,86 \cdot 10^{12} \text{ km.}$$

A'dette qashıqlıqtın' jaqtılıq jılı parsek, kiloparsek (1000 pk) ha'm megaparsek ($Mpk = 10^6$ pk) birlikleri Quyash sistemasınan sırttag'ı aspan denelerine shekemgi (juldızlar, juldız toparları, dumanlıqlar ha'm basqalar) qashıqlıqlardı, conın' menen birge, sırtqı galaktikalar, galaktikalıq jıynaqlardıń o'lsheplerin ha'm olardıń arasındag'ı qashıqlıqlardı o'lshewde paydalanıladı.

Quyash sisteması denelerinin' o'lsheplerin anıqlaw

Su'wrette keltirilgen planetanın' r radiusın anıqlaw ushın bul planetanın' parallaksı p_0 tuwrı mu'yeshli u'sh mu'yeshlik OEP dan (su'wretke qaran'ız):

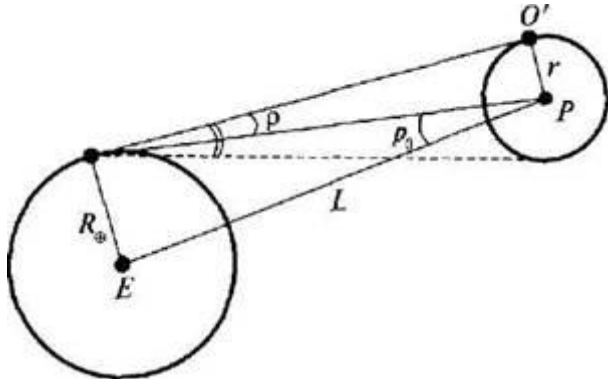
$$\sin p_0 = \frac{OE}{OP} = \frac{R_{\oplus}}{L}$$

boladı. Tuwrı mu'yeshli u'sh mu'yesh OPO' dan planetanın' ko'riniw radiusı ρ :

$$\sin \rho = \frac{O'P}{OP} = \frac{r}{R}$$

g'a ten'. Bul an'latpadan r di tapsaq: $r = L \sin p$. Eger L di birinshi ten'lemeden tapsaq, onda $L = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0}$ boladı. Bul an'latpanın' shamasın ekinshi ten'lemege qoyıp, planeta radiusı (r) di to'mendegishe anıqlaw mu'mkin:

$$r = L \sin p = \frac{R_{\oplus}}{\sin p_0} \sin p.$$



Quyash sisteması denelerinin' radiusların o'lshevi usılı.

p_0 ha'm p mu'yeshler sekundlı mu'yeshlerde o'lshenetug'ın bolg'anlıqtan planetanın' radiusın

$r = \frac{R_{\oplus}}{p_0} p$ an'latpası ja'rdeminde tabıwımız mu'mkin. Sebebi

$\sin p_0 = p_0 \sin 1''$, $\sin p'' = p \sin 1''$. Bul jerde R_{\oplus} arqalı Jerdin' radiusı belgilengen.

Aydın' qozg'alısı ha'm fazaları

Ay Jerdin' ta'biyy joldası bolıp, onın' a'tirapında 27,32 sutkalıq da'wir menen aylanadı. Bul da'wir Aydın' siderlik da'wiri yamasa juldız da'wiri dep ataladı. Aydın' Jer a'tirapındag'ı aylanıw bag'darı juldızlardın' Jer a'tirapındag'ı ko'rinetug'ın aylanıwına qarama-qarsı bolıp, ol shıg'ıstan batısqa (yag'nıy Jerdin' o'z ko'sheri a'tirapında aylanıw bag'darı menen birdey bag'darda) qozg'aladı. Aydın' o'z orbitası boylap qozg'alis tezligi sekundına 1 kilometr di qurap, juldızlarga salıstırğanda ha'r sutkada shama menen 13 gradus jılıp baradı.

Ay orbitasının' tegisligi menen Jerdin' Quyash a'tirapında aylanıw tegisligi (ekliptika) arasındag'ı mu' yesh $5^{\circ}9'$.

Aydın' o'z ko'sheri a'tirapında ha'm Jer a'tirapında birdey 27,32 sutkalıq da'wir menen aylanatug'inlig'ı ayrıqsha kızıq. Aydın' o'z ko'sheri a'tirapında ha'm Jer a'tirapında aylanıw da'wirlerinin' o'z-ara ten' bolg'anlıg'ınan Ay Jerden qarag'anda barlıq waqıtta da bir ta'repi menen ko'rinedi.

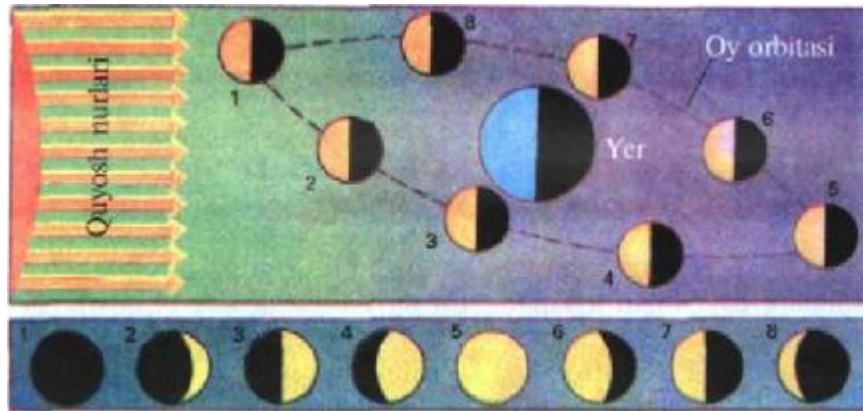
Ma'lim, Ay Jer a'tirapında aylang'anda Quyash nurların shag'ılıstırıwının' sebebinen bizge ko'rinedi. Bunday ko'riniw tap usı payıtta Aydın' Quyashqa salıstırğanda qalay jaylasqanlıg'ına baylanışlı boladı.

Jerden qarag'anda Aydın' tu'rli formalarda (jan'a Ay, yarım Ay, tolıq Ay) ko'riniwi onın' fazaları dep ataladı. Ay fazalarının' almasıwlarının' onın' Jer ha'm Quyashqa salıstırğanda tutqan ornına baylanışlılıg'ı su'wrette keltirilgen.

Sızılmada Quyash nurları parallel da'ste tu'rinde tu'skende Aydın' basında, tolıq Ay payıtında ha'm birinshi ja'ne keyingi sherek fazalarında Aydın' Jer a'tirapındag'ı jag'dayları nomerler menen ko'rsetilgen. Sızılmanın' astında bolsa Aydın' nomerler menen ko'rsetilgen hallarında Jerden qarag'anda onın' qanday bolıp ko'rinetug'inlari sa'wlelendirilgen.

Sızılmadan ko'riniw turg'anınday Quyash barlıq waqıtta da Aydın' yarım sferasın jaqtırtadı. Biraq onın' sol jaqtırtılğ'an yarım sferası Jerden pu'tkilley ko'rinbewi (jan'a Ayda - 1-halda)

yamasa toliq ko'riniwi (toliq Ayda - 5- halda) yamasa bir bo'liminin' ko'riniwi (basqa hallarda) mu'mkin ekan.



Ay fazalarinin' almasiwı (1. Jan'a Ay. 3. Birinshi sherektegi fazası. 5. Toliq Ay. 7. Aqirg'ı she-rektegi fazası).

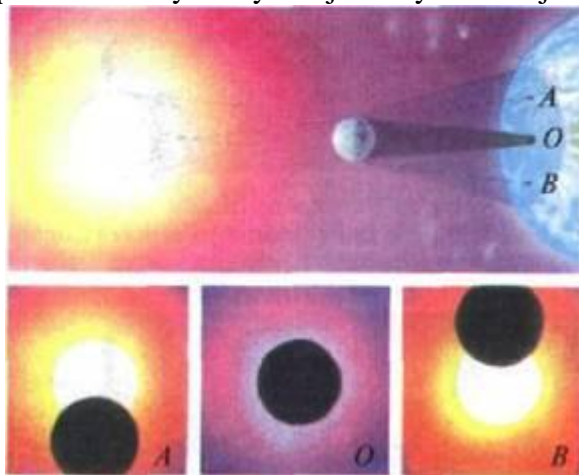
Aydin' belgili bir fazasınan (misali toliq Ay fazasınan) izbe-iz eki ret o'tiwi arasındag'ı waqıt 29,53 sutkanı quraydı ha'm ol Aydin' sinodliq da'wiri dep ataladı. Sinodliq da'wirdin' Aydin' juldizlarga' salistirg'anda aylanıw da'wirinen (siderlik da'wir) uzınlıg'ına sebep Jerdin' Quyash a'tirapında aylanıwı bolıp tabıladı.

Quyash batqannan keyin Aydin' jin'ishke oraq ta'rizli batıs ta'repke birinshi ko'riniwi xalıqtın' tilinde jan'a Ay (yamasa hilal) dep atalıp, bunday Ay a'dette Ay basınan son' ekinshi ku'ni ko'rinedi.

Bunday halda Aydin' Quyash ta'repinen jaqtirtılmag'an bo'limi qara ku'l ren' tu'nide ko'zge tu'sedi. Aydin' Quyash ta'repinen jaqtirtılmag'an bo'liminin' bunday tu'rde ko'riniwi Jerden shag'ıllıp qatqan Quyash nurları menen jaqtirtıl'g'anlıg'ının' sebebinen ju'zege keledi.

Quyash penen Aydin' tutılıwlari

1. Quyashtıń tutılıwı. Ay Jerdin' a'tirapında aylanıp, usının' na'tiyjesinde bazı bir waqıtları Quyash onın' artında qaladı (34-su'wret). Bunday haldı Quyashtıń tutılıwı dep ataladı. Bul qubılıs ha'r dayım Aydin' jan'a ay halında ju'zege keledi.



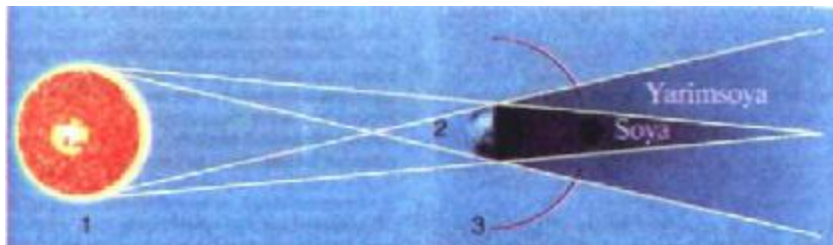
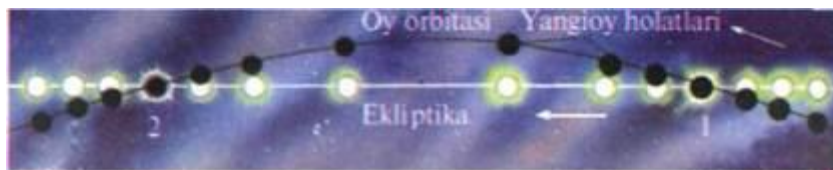
Quyash tutılıwı qubılısı (to'mengi su'wrette Jer betinin' A, O, B noqatlarında Quyashtıń tutılıwının' ko'rinishleri).

Jerdegi baqlawshıg'a salistirg'anda Quyash Aydin' sayası ishinde (O) qalsa, ol Quyashtı qısqa waqıt ishinde (bir neshe minut) pu'tkilley ko'rmeydi, yag'niy Quyash toliq tutıladi. Quyashtıń toliq tutılıwı aspanda ju'da' shiraylı ko'rinishni payda etedi. Bul jag'dayda baqlawshı aspanda qap-qara Quyash izi a'tirapında Quyash «tajı» dep atalatug'ın na'zik gu'mis ren'li nurdı

shig'aratug'inlig'in ko'redi. Sonin' menen birge bul payitta ku'ndizdin' bolivina qaramastan aspanda jariq juldizlar ha'm planetalar ko'rinip turadi.

Eger Jerdegi baqlawshi Aydin' yarim sayasi ishinde (A yamasa B) qalsa, onda ol Quyashdin' bir bo'limin g'ana ko'redi, yag'niy Quyashdin' *bir bo'limi tutilip atirg'an* boladi. Bazi bir waqitlari Quyashdin' tutilwi *saqiyna ta'rizli* boladi. Bunday hal tutilw payitinda Ay Jerden en' u'lken uzaqliqta, Quyash bolsa, kerisinshe, Jerge en' jaqin kelgende ju'zege keledi. Sebebi bul jag'dayda Aydin' ko'riniw diametri ol tosip turg'an Quyashdin' ko'riniw diametrinen kishi boladi.

Ay orbitasi ekliptika tegisligi menen $5^{\circ}9'$ liq mu'yesh payda etetug'inlig'ina baylanisli tutilishlar Quyash bul eki orbitanin' kesilishen noqatlar (Ay tu'yinleri dep atalatug'in noqatlar) qasman o'tkende g'ana baqlanadi. Bunday hal shama menen ha'r yarim jilda baqlanatug'inlig'ina baylanisli tutilwlar sonday da'wir menen qaytalanadi.



Ay menen Quyashdin' qozg'alis jollari sa'wlelendirilgen. Bul su'wrette eki halda Quyashdin' tutilwi yarim jilliq da'wir menen ko'rsetilgen (1- toliq tutilw, 2- saqiyna ta'rizli tutilwi).

Ay tutilwi qubilisi (1 – Quyash, 2 – Jer, 3 - Aydin' orbitasi, Jer sayasi ishinde Ay turipti).

2. Aydin' tutilwi. Ay Jer a'tirapinda aylanip, usinin' na'tiyjesinde bazi bir waqitlari Jerdin' sayasi arqali o'tedi. Bunday qubilis *Aydin' tutilwi* dep ataladi. Eger bul jag'dayda Ay Jerdin' sayasinin' ishi arqali o'tse, oni *toliq tutilw*, yarim sayasinin' bir bo'limi arqali o'tse ol halda oni *yarimsayali tutilw* dep ataydi. Aydin' tutilw barisinda ol ha'mme waqitta da toliq fazasinda boladi.

Jerdin' belgili bir orninda Quyashdin' tutilwina salistirg'anda Aydin' tutilwlar jiyirek baqlanadi. Sebebi Quyashdin' tutilwlar Jerdin' Ay sayasi tu'sken ha'm onsha u'lken bolmag'an maydaninda g'ana baqlanadi. Aydin' tutilwi bolsa Jerdin' Quyashqa qarama-qarsi yarim sharinin' barliq bo'liminde bir waqitta ko'rinedi.

Aydin' toliq tutilwi payitinda (yag'niy ol Jer sayasina pu'tkilley kirgende) Ay ko'zden pu'tkilley g'ayip bolmay, toq qizil ren'de ko'rinedi. Bunin' sebebi bul payitta Jer atmosferasinda shashirag'an ha'm sing'an Quyash nurlari menen Aydin' beti jaqtiriladi. Bul jag'dayda Jer atmosferasi ko'k ha'm hawa ren'li nurlardi ku'shli jutip ha'm keskin shashiratip Ay ta'repke tiykarinan qizil nurlardi sindirip o'tkizedi ha'm Ay tap usi nurlar menen jaqtilandiriladi ha'm qizarip ko'rinedi.

Ay orbitasinin' ekliptika tegisligine qiyalig'ina ($5^{\circ}09'$) baylanisli Ay ha'm Quyash tutilwlar jan'a Ay ha'm toliq Ay payitlarinda hesh qashan baqlanbaydi.

A'yyemgi waqitlari Quyash ha'm Aydin' tutilw waqitlarinda olardin' joqarida ta'riplengen ko'rinisleri adamlarda qorqinsh ha'm hawlig'iwlar payda etken. Endi bolsa Quyash penen Ay tutilwlarinin' sirlari toliq aniqlang'an ha'm sonliqtan bul qubilislar hesh kimde hawlig'iw payda etpeydi. Alimlar Quyash ha'm Ay tutilwlarinin' bolw waqitin bir neshe jil aldın-ala aniq esaplap beriw metodlarin islep shiqqan. Qosimshadag'i kestede 2005- jilg'a shekemgi Quyash ha'm Ay tutilwlarinin' waqiti keltirilgen. Tutilwlar payitinda o'tkerilgen baqlawlar ja'rdeminde Quyashdin' fizikalik ta'biyatın, Jer atmosferasinin' du'zilisın ha'm Aydin' qozg'alisına baylanisli bolg'an a'hmiyetli mag'liwmatlardı qolg'a kirgiziwi imkaniyatına iye boldı.

Kosmonavtika elementleri

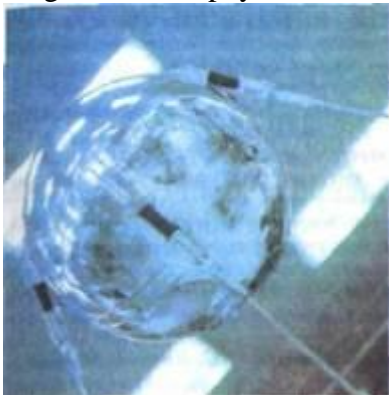
Kosmonavtika ha'm onın' basqa ilimler menen baylanısı

Kosmonavtika - «kosmos» ha'm grekshe «nautika» - keme basqarıw o'neri degen mag'anani an'latıwshı so'zlerden turıp, ol raketa ha'm kosmoslıq apparatlardan paydalanıp insaniyattın' za'ru'rliklerin ta'miyinlew ushın kosmoslıq ken'islikti ha'm Jerden sırtqı ob'ektlerin u'yreniw ha'm o'zlestiriwge qaratılğ'an, tiykarında kosmoslıq ushıwlar teoriyası ha'm raketa texnikası boyınsha bilimlerde o'z ishine alıwshı ilim menen texnika bo'limlerinin' birlespesi bolıp tabıladı. Kosmonavtika sonın' menen birge kosmoslıq ushıwlar teoriyası (traektoriyalardı esaplaw ha'm basqalar), ushıwshı raketalar, raketa dvigatelleri, basqarıwdın' sistemaları, kosmoslıq apparatlar, ushırıw du'zilisleri, ilimiy a'sbaplar, Jerden turıp basqarıw sistemaları, telemetrika, orbitalıq stantsiyalardı ta'miyinlew ha'm basqa ja'ne bir qansha usı sıyaqlı sho'lkemlestiriw sistemaların o'z ishine aladı.

Kosmostı tikkeley u'yreniwdin' insan xızmeti sferasınan orın alıwı ja'ha'n ilimi menen texnikasının' rawajlanıwı tariyxında ayırıqsha bir basqış bolıp, keleshekte onın' ja'miyettin' rawajlanıwına u'lken ta'sir ko'rsetetug'ınılg'ı menen a'hmiyetli bolıp esaplanadı.

Kosmonavtika barlıq ta'biyiy ilimler (astronomiya, fizika, ximiya, biologiya) ha'm matematika menen tıg'ız baylanısqa. Kosmoslıq raketa texnikası texnika ilimlerinin' jetiskenliklerine kiredi. Kosmoslıq apparattın' kosmosta belgili bir maqsetke muwapıq qozg'alatug'ınılg'ı ha'm ken'isliktin' mo'lshehlengen noqatına yamasa kosmoslıq ob'ektke anıq waqtında jetip barıwı ushın esaplawlardı alımlar texnikalıq xızmetkerler menen birgelikte astronomiyalıq bilimlerde tayang'an halda a'melge asıradı. Astronomlar aspan denelerine shekemgi qashıqlıqlar, olardıń o'lshemleri, massaları ha'm basqa da fizikalıq parametrleri haqqında ko'p waqıtlardan beri ko'p sanlı bilimler toplanğ'an. Qolg'a kirgizilgen bul bilimler kosmosqa ushıwda og'ada u'lken a'hmiyetke iye.

Jer atmosferasının' tıg'ızlıg'ı, temperaturası, magnitosferası ha'm radiatsiyalıq poyasları haqqında mag'lıwmatlarga iye bolmay turıp jalg'ız kosmonavt Jer a'tirapına tikkeley ushırılmaydı. Sonın' menen birge Ay ta'biyatın bilmey turıp ta kosmonavt kosmosqa jiberilme-gen bolar edi. Mexanikanın' nızamların bilmey turıp kosmoslıq apparatlar menen jasalma joldaslardı, orbitalıq stantsiyalardı Jer a'tirapı zonasına, planetalarga ushırıwdın' ilajı joq. Kosmoslıq apparatlardı Quyash sisteması denelerine tabıshı ushırıwlar planetalar ha'm olardıń joldaslarına tiyisli mag'lıwmatlardı (o'lshemlerin, qashıqlıqların, massaların ha'm basqalar) tastıyıqlawdan basqa ha'zirgi waqıtları astronomiya qollanıp atırg'an metodlardın' qay da'rejede tuwrı ekenligi de isenim payda etedi.



Jerdin' birinshi jasalma joldası.



1977-jılı u'lken planetalardı izertlew ushın sog'ılg'an «Voyadjer-2» kosmos apparatı.

Kosmonavtika astronomiya iliminin' rawajlanıwına u'lken u'les qosıp kelmekte. Kosmoslıq apparatlar, stantsiyalar bortınan aspan ob'ektlerin optikalıq ha'm ko'zge ko'rinbeytug'ın nurlar

(ultrafiolet, infraqizil, rentgen ha'm radionurlarda) ja'rdeminde u'yreniw imkaniyatın berip, keyingi on jıllıqlar ishinde kosmoslıq ob'ektlerdi ha'm olardıń sistemaları haqqındag'ı bızın bilimlerimizdi ko'rilmegen da'rejede bayıttı.

Kosmosqa ushırılutug'ın apparatlardıń konstruksiyaların islep shıg'ıw, olardıń qozg'alısarın basqarıw ha'm informatiya alıwda alımlar, injener ha'm texnikalıq xızmetkerler fizikalıq nızamlarg'a su'yenedi. Quwatlı raketa dvigatellerin qurıwda, raketa texnikası za'ru'rlıkların qandırıw ushın janıw ha'm janıw o'nimlerinin' ag'ısı fizikasına tiyisli ko'p sanlı fundamentallıq izertew jumısarın orınlawg'a tuwrı keledi.

Kosmonavtika ximiyalıq bilimlerde de ken' su'yenedi. Kosmoslıq texnika zatlardın' ha'r tu'rli ximiyalıq qa'siyetlerine joqarı talaplar qoyadı. Mısalı ıssıg'a shıdamlı, tat baspaytug'ın ha'm basqa da qa'siyetleri boyınsha joqarı ko'rsetkishlerge iye materiallarg'a, janılǵ'ı o'nimleri ximiyasına kosmonavtikanın' qoyatug'ın talapları ju'da' u'lken. Janılǵ'ı o'nimlerinin' ken' sa-naat masshtabında alıwdın' effektivli texnologiyaların islep shıg'ıwda ximiklerdin' miynetleri biybaha.

Kosmonavtika tarawında islenip atırg'an izertlew jumısarın matematikasız ko'z aldıg'a elesletiwge bolmaydı. Teren' matematikalıq izleniwler kosmosqa ushırılutug'ın apparatlardı konstruksiyalaw, tayarlaw ha'm ushırıwdı a'melge asırıw protsesslerinde ken'nen qollanıladı. Ulıwma aytqanda kosmonavtikag'a tiyisli qa'legen izertlewdi esaplawlarsız a'melge asırıwg'a bolmaydı.

Son'g'ı jıllarda kosmonavtika onlag'an biologiyalıq eksperimentlerdi o'tkeriwdi planlastırdı ha'm tabıslı tu'rde a'melge asırdı. Ha'r qıylı kosmoslıq sharayatlarda (vakuum, salmaqıslıq, radiatsiya ha'm basqalar) adam organizmindegi o'zgerislerdi u'yreniw boyınsha ju'zlegen meditsinalıq-biologiyalıq eksperimentler o'tkizildi. Olardıń unamsız ta'sirleri haqqında adam-zatqa og'ada a'hmiyetli mag'lıwmatlardı berdi.

Texnika ilimlerinin' ko'plegen ta'jiriybeleri kasmonavtikada ken'nen qollanıladı. Kasmonavtikanın' rawajlanıwında aviatsiyalıq texnikanın' jetiskenlikleri ayırıqsha orınlardı iyeleydi. Ha'zirgi zaman kosmoslıq texnikasın iske tu'siriw ha'r qıylı tarawlarda isleytug'ın ju'zlegen alımlar, injener-texnikalıq xızmetkerlerdin' do'retiwshilik islerin oyatıw tiykarında a'melge asırıladı.

K.E.TSiolkovskiy birinshi ret raketa qozg'alısının' tezliginin' formulasın keltirip shıg'arg'an alım bolıp esaplanadı. Ol birinshilerden bolıp Jerdin' tartıw maydanındag'ı raketa qozg'alısı boyınsha esaplawlardı a'melge asırıp, raketalarđın' tezliklerinin' shamasın kosmoslıq tezliklerge jetkeriw imkaniyatının' bar ekenligin matematikalıq jollar menen tiykarladı. Raketalar bul tezliklerde Jerdin' tartıw ku'shin jen'ip onın' jasalma joldasının' orbitasına ko'terile alıwı, ha'tte Ayg'a ha'm planetalar aralıq sayaxatqa jol ala alıwın ol o'z esaplawlarında anıq ko'rsete aldı.

K.E.TSiolkovskiy Jer a'tirapında orbitalıq stantsiyalardı qurıw ha'm olardı basqa planetalarg'a ushıwda baza sıpatında paydalanıw mu'mkinligi haqqındag'ı pikirdi de ayttı. Teoriyalıq kosmonavtikanın' tiykarları onın' 1903-jılda jarıq ko'rgen «A'lem ken'isligin reaktiv priborlar ja'rdeminde izertlew» kitabında bayanlang'an. Sonnan bir qansha keyin basqa bir qansha alımlar, solardıń ishinde R.Eno Peltri (Frantsiya), R.Goddard (AQSh), G.Obert (Germaniya) kosmoslıq ushıw proektlerine haqıyqıy ko'z-qaraslarda qarap, olardı a'dewir rawajlandırdı.

XX a'sirdin' 20-30 jılları ayırım alımlar toparları ha'm ja'miyetler raketa dvigatellerin konstruksiyalaw ha'm sinap ko'riwdi basladı. Tu'tinsiz poroxlı raketalarđı qurıw boyınsha birinshi ta'jiriybe-konstruktorlıq laboratoriyası N.İ.Tixomirovtın' usınısı menen 1921-jılı iske tu'sirildi. Keyinirek bul laboratoriya ken'eytilip, 1928-jıldan baslap gazodinamikalıq laboratoriya (GDL) degen at aldı. Bul jerde B.S.Petropavlovskiy, G.E.Langemek, V.P.Glushko ha'm basqa da konstruktor alımlar isledi.

1957-jılı ushıwshı raketalar do'retiw boyınsha teren' isler juwmaqlandı. Bul jumıs a'meliy kosmonavtikanın' tiykarın salıwshı bas konstruktor S.P.Korol'ev ha'm ha'zirgi zaman kosmonavtikasının' teoriyalıq tiykarlarının' do'retiwshisi M.V. Keldish ta'repinen a'melge asırıldı. Na'tiyjede 1957-jıl 4-oktyabr ku'ni bul raketa ja'rdeminde Jerdin' birinshi jasalma joldası ushırıldı.

Bunnan son' Jer atmosferası, ionosfera ha'm magnitosferasın ha'm planetamız Jerdi kosmostan u'yreniw ushın bortında quramalı ilimiy apparaturaları menen ju'zlegen jasalma joldaslar kosmosqa jol aldı.

1959-jıldan baslap Jerdin' ta'biyiy joldası - Ay kosmoslıq apparatlar ta'repinen «nışana» g'a alına basladı. 1969- jılı AQSh astronomları «Apollon-11» kosmoslıq apparatında Ay betine qonıp, insannın' a'sirlik a'rmanının' a'melge asqanlığ'ın ko'rsetti. 1960- jıllardıń basınan planetalar aralıq avtomat stantsiyalar qon'sı planetalardı (da'slep Venera menen Marstı, keyinirek Merkuriydi) izertley basladı.

1972-1973 jılları AQSh tın' «Katla tur» programması boyınsha gigant planetlardı izertlew baslandı. Bul programma boyınsha AQSh tın' 1977-jılda ushırılğ'an «Voyadger-1» ha'm «Voyadger-2» avtomat stantsiyaların' «ayag'ı» 1989-jılı Neptung'a shekem barıp jetti.

Kosmostı kosmoslıq apparatlar ja'rdeminde izertlew din' jan'a a'siri usılay baslanıp, ha'zirgi waqıtları aspan denelerin, kosmos ken'isligin u'yreniwde revolyutsiyalıq dawamın basınan keshirmekte.

Ushıw barısında kosmoslıq apparatqa ta'sir etiwshi ku'shler

Ushıw barısında kosmoslıq apparatqa ta'sir etetug'ın en' tiykarğ'ı ku'sh pu'tkil du'nyalıq tartılıs ku'shi bolıp tabıladı. A'dettegi deneler arasındag'ı tartılıs ku'shi Nyuton ta'repinen ashılğ'an pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamına bag'ınadı. Joqarıda esletilgenindey onın' matematikalıq ko'rınisi:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}.$$

Bul jerde F deneler arasındag'ı tartılıs ku'shin, m_1 ha'm m_2 olardıń massaların, r olar arasındag'ı qashıqlıqtı ta'ripleydi. Proportsionalıq koeffitsienti G bolsa gravitatsiya turaqlısı dep atalıp, $6,672 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ qa ten' shama bolıp esaplanadı.

Kosmoslıq apparattın' qozg'alısı barısında og'an ta'sir etetug'ın basqa bir ku'sh atmosferanın' qarsılıq ku'shi bolıp tabıladı. Ushıw qansha kishi biyikliklerde (Jerdin' betine salıstırğ'anda) ju'z berse, bul ku'sh sonshama u'iken boladı, Sebebi biyiklik kemeygen sayın atmosferanın' tıg'ızlıg'ı artadı. Bunday ku'sh aerodinamikalıq ku'sh dep ataladı. Atmosferanın' joqarı qatlamında tıg'ızlıq ju'da' kem bolıp (ha'r kub sm de tek bir neshe ju'z atom), kosmoslıq apparatlardıń ushiwına derlik qarsılıq qılmaydı ha'm sonın' ushın da bunday hallarda bul ku'sh esapqa alınbaydı.

Planetalar aralıq boslıqta uship ju'rgen kosmoslıq apparatqa sezilerli ta'sir ko'rsetetug'ın ja'ne bir ku'sh bar bolıp, ol Quyash nurlanıwların' basım ku'shi bolıp tabıladı. Eger kosmoslıq apparattın' massası onsha u'iken bolmay, al sırtqı beti sezilerli da'rejede u'iken bolsa Quyash nurların' basım ku'shi uzaq ushiwlar dawamında jeterlishe u'iken bolıp, kosmoslıq apparattın' qozg'alıs traektoriyasına sezilerli ta'sir ko'rsetedi. Sonın' ushın da bunday hallarda onı a'lbette esapqa alıwğ'a tuwrı keledi.

Kosmoslıq ken'islikte kosmoslıq apparatqa ha'lsiz bolsa da ta'sir etetug'ın basqa bir ku'shler elektr ha'm magnit ku'shleri dep atalıp, bunday ku'shler kosmoslıq apparattın' tuwrı sızıqlı qozg'alısına emes, al awırlıq orayı a'tirapındag'ı aylanbalı qozg'alısına g'ana ta'sir qıladı.

Salmaqsızlıq

Meyli kosmos ken'isliginde uship baratırğ'an kosmoslıq apparat belgili bir payıttan baslap za'ru'rli bolğ'an tezlikke iye bolğ'annan keyin erkin aylanbalı qozg'alısı ta'miyinlengen bolsın. Bunday qozg'alısta denenin' barlıq noqatların' birdey tezlik penen qozg'alatug'ınlıg'ın tu'siniw qıyın emes. Bunda kosmoslıq keme ha'r tu'rli bir birinen g'a'rezsiz bo'limlerden quralğ'an ha'm og'an tek aspan denelerin' tartılıs ku'shleri ta'sir etedi dep qaralsa, onın' barlıq bo'limlerinin' (detalların'ın) tezlikleri birdey bolıp qaladı ha'm o'zgeriske ushırğ'an

jag'daylarda birdey bolıp o'zgeredi. Sebebi gravitatsiyalıq tezleniw qozg'alıwsha denenin' o'zinin' massasına baylanıslı emes:

$$a_r = \frac{GM}{r^2}.$$

Bul an'latpada M arqalı kosmoslıq apparat detalların tartıwshı denenin' massası (detallardıń massası emes!), r arqalı kosmoslıq apparat detalların tartıwshı M massalı deneghe shekemgi qashıqlıq. Bul qashıqlıqtın' shamasın barlıq detallar ushın birdey dep qaraw mu'mkin. Bul jag'day kosmoslıq apparat detallarının' traektoriyasının' birdey bolıp, ken'islikte olardıń tarqalıp ketpeytug'ınlig'in ko'rsetedi. Sonlıqtan kosmoslıq apparattın' ayırım detalları arasında o'z-ara basım ju'zege kelmeydi, yag'nıy bir birine tu'siretug'ın salmag'ı jog'aladı. Kosmonavt o'zi otırg'an orınlıqqa basım tu'sirmeydi, asılǵ'an lampa shnurg'a salmaq tu'sirip tartpaydı, er-kine jiberilgen qa'lem stolǵ'a tu'spey sol awhalında ha'm basqalar. Sebebi olardıń ba'rshesinin' tezligi menen tezleniwi birdey boladı. Keme kabinası ishindegi pol, to'be degen so'zlerdin' ma'nisi jog'aladı. Keme ishinde denelerdin' salmaqsızlıq halı ju'zege keledi.

Sırtqı basqa ku'shlerdin' (sırtqı ortalıqtın' qarsılıq ku'shi, tayanış reaktsiya ku'shi ha'm basqalar) payda bolıwı salmaqsızlıqtı jog'altıp, salmaqqa iye bolıw halının' ju'zege keliwine sebep boladı.

Oraylıq tartılıs maydanı

Ko'p jag'daylarda kosmos apparatının' qozg'alıs traektoriyasın jeterli da'rejede da'l esaplaw ushın barlıq aspan denelerinin' og'an ta'sirin esaplawg'a za'ru'rlik bolmaydı. Eger kosmos apparatı kosmos ken'isliginde planetalardan a'dewir uzaqlıqta qozg'alatug'ın bolsa, onda tek Quyashtın' tartıw ku'shin esapqa alıw jeterli. Sebebi planetalardıń kosmos apparatına bergen tezleniwleri Quyash bergen tezleniwge salıstırg'anda ju'da' kishi shamanı quraydı. Mısalı biz Jerdin' a'tirapında qozg'alatug'ın kosmos apparatının' traektoriyasın u'yrenetug'ın bolsaq, onda Quyashtın' og'an beretug'ın tezleniwi Quyashtın' Jerge beretug'ın tezleniwinederlik ten' bolǵ'anlıqtan kosmos apparatın tek Jer ta'sirinde qozg'alıp atır dep qaraw mu'mkin boladı. Sebebi bul jag'dayda Quyash ta'repinen beriletug'ın oraydan qashıwshı tezleniw onın' kosmos apparatına ha'm Jerge beretug'ın ha'm o'z-ara derlik birdey bolǵ'an tezleniwlerinin' ayırmasına ten' bolıp, bul shama ju'da' kishi boladı. Usının' na'tiyjesinde Quyash kosmos apparatının' Jerge salıstırg'andag'ı qozg'alısına sezilerli o'zgerte almaydı.

Biraq tap usı kosmos apparatının' Quyashqa salıstırg'andag'ı qozg'alısı u'yrenilip atırg'anda og'an Jer beretug'ın tezleniwdi a'lbette esapqa alıw za'ru'r boladı. Sebebi bul jag'dayda Jer beretug'ın oraydan qashıwshı tezleniw Jerdin' kosmos apparatına ha'm Quyashqa beretug'ın tezleniwlerinin' ayırmasına ten' bolıp, bul ayırma Quyashtın' kosmos apparatına beretug'ın tezleniwi menen salıstırg'anda sezilerli da'rejede u'lken mug'dardı quraydı.

Sonın' ushın kosmonavtikadag'ı juwıq esaplawlarda kosmos apparatının' qozg'alısı tek bir aspan denesi ta'sirinde bolıp atır dep esaplanadı. Basqasha so'z benen aytqanda qozg'alıs shegaralang'an eki dene ramkasında u'yreniledi. Bul hal orbitalardı esaplawda u'lken qolaylıq tuwdıradı.

Aspan denesin bir tekli materiallıq shar dep qarayıq yamasa en' keminde bir birinin' ishinde jaylasqan bir tekli sferalıq qatlamlardan quralǵ'an deyik. Bunday dene onın' pu'tkil massası orayında (noqat tu'rinde) jaylasqan oraylıq tartıw qa'siyetine iye boladı. Bunday tartıw maydanı *oraylıq yamasa sferalıq maydan* dep ataladı.

m massalı kosmos apparatının' oraylıq maydandag'ı qozg'alısı menen tanısayıq. Baslang'ısh halda kosmos apparatı aspan denesinen $r_0 = R$ (R oraylıq denenin' radiusı) qashıqlıqta v_0 gori-zont bag'ıtındag'ı tezlikke iye bolsın. Bul hal ushın kosmos apparatının' kinetikalıq ha'm potent-

sial energiyaları sa'ykes ra'wishte $W_k = \frac{mv_0^2}{2}$ ha'm $W_p = -\frac{G * M * m}{r_0}$ tu'rinde boladı. Onda

belgili bir waqıttan son' oraylıq maydannan r qashıqlıqta onın' tezligi v_r ge ten' bolıp kosmos apparatının' kinetikalıq energiyası:

$$W_k' = \frac{mv_r^2}{2},$$

potentsial energiyası bolsa:

$$W_p' = -\frac{G * M * m}{r}$$

boladı. Bul an'latpalardag'ı M tartıwshı aspan denesinin' massası.

Gravitatsiyalıq emes ku'shlerdi esapqa almasaq tartıw maydanı potentsial maydan bolg'anlıqtan baslang'ısh (v_0) ha'm r qashıqlıqtag'ı tezlik (v_r) arasındag'ı baylanıstı tabıw ushın mexanikalıq energiyanın' saqlanıw nızamınan paydalanamız. Onda:

$$\frac{mv_0^2}{2} - \frac{GMm}{r_0} = \frac{mv_r^2}{2} - \frac{GMm}{r}$$

boladı. Bul jerde ten'liktin' shep ta'repi kosmos apparatının' baslang'ısh tolıq energiyasın, on' ta'repi bolsa onın' r qashıqlıqta v_r tezlikke erisken paytıtag'ı tolıq energiyasın ta'ripleydi. Ten'liktin' eki ta'repin de m ge qısqartıp kosmos apparatının' oraylıq deneden ıqtıyarlı r qashıqlıqtag'ı tezligin ta'ripleytug'ın ten'lemenı tabamız:

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2GM}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r} \right)$$

yamasa

$$v_r^2 = v_0^2 - \frac{2K}{r_0} \left(1 - \frac{r_0}{r} \right)$$

Bul an'latpa *energiya integralı* dep ataladı. $K = GM$ belgili bir aspan denesinin' gravitatsiyalıq maydanın xarakterlep, onın' *gravitatsiyalıq parametri* dep ataladı. Jer ushın $K_{\oplus} = 3,986 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$, Quıyash ushın $K_{\odot} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$, Ay ushın bolsa $K_f = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$ qa ten' boladı.

Oraylıq maydanda baqlanatug'ın kosmos apparatının' qozg'alıs traektoriyaların to'rt to'parg'a bo'liw mu'mkin:

1. Tuwrı sıziqlı qozg'alıs. Eger belgili bir biyiklikte turg'an denenin' baslang'ısh tezligi nolge ten' bolsa ol oraylıq maydandı beriwshı denenin' orayı ta'repine qaray tik tu'sedi. Denenin' baslang'ısh tezligi orayg'a qaray emes, al og'an qarama-qarsı ta'repke (radial) bolg'anda da qozg'alıs tuwrı sıziqlı kozg'alıs bolıp tabıladı. Basqa barlıq hallarda denenin' tuwrı sıziq boılap qozg'alatug'ınlıg'ı baqlanbaydı.

2. Ellips ta'rizli traektoriya boyınsha qozg'alıs. Eger kosmos apparatının' baslang'ısh tezliginin' bag'ıtı radial bag'ıtqa parallel bolmasa, onda onın' qozg'alıs traektoriyası oraylıq denenin' tartılısı sıyaqlı a'lbette iyiledi. Bul jag'dayda onın' jolı ha'r dayım baslang'ısh tezlik vektori ha'm Jer orayı arqalı o'tiwshı tegislikte jatadı. Eger kosmos apparatının' baslang'ısh tezligi Jerdin' massası ha'm radiusı menen baylanıslı bolg'an tezliktin' belgili bir shamasınan artpasa traektoriya ellips ta'rizli boladı (39-su'wret). Bul ellips tartıwshı aspan denesinin' betin kesip o'tpese kosmos apparatı bul denenin' jasalma joldasına, aspan denesinin' orayı bolsa ellips fokuslarınin' birine aylanadı.

Joqarıda esletilip o'tilgende, ellipstin' fokusları dep sonday noqatlarg'a ayıladı, bul noqatlar menen ellipstin' ıqtıyarlı noqatın tutastırıwshı kesindilerdin' qosındıları o'zgermeytug'ın shama boladı. Ellipstin' eki fokusi arqalı o'tetug'ın ko'sher onın' *u'lken ko'sheri* dep ataladı. U'lken ko'sherdin' jartısı *u'lken yarım ko'sher* dep atalıp jasalma joldastın' aspan denesinen ortasha uzaqlıg'ın ta'ripleydi ha'm a ha'ripi menen belgilenedi. Iqtıyarlı waqıt momentindegi joldastın' tezligi v , onın' tartıw orayınan uzaqlıg'ı r ha'm ellipstin' u'lken yarım ko'sheri a menen to'mendegidey baylanısdı:

$$v^2 = K \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (1)$$

Oraylıq tartılıs maydanında ellips boyınsha qozg'alıwshı denenin' aylanıw da'wiri T bolsa ellipstin' u'lken yarım ko'sheri a arasındag'ı to'mendegi qatnastan tabıladı:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{GM} \quad \text{ямаса} \quad T^2 = \frac{4\pi^2}{K} a^3.$$

Bul an'latpadan aylanıw da'wiri T:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K}} a^{\frac{3}{2}} \quad (2)$$

boladı.

Fokuslar arasındag'ı qashıqlıqtın' u'lken ko'sher uzınlıg'ına qatnası ellipstin' ekstsentrısiteti dep atalıp, onın' shaması 40-su'wretten:

$$e = \frac{OF_1}{a} = \frac{OF_2}{a}$$

yamasa

$$e = \frac{\sqrt{a^2 - b^2}}{a} \quad (3)$$

an'latpasıman tabıladı.

Joqarıdag'ı formulalardan kosmos apparatının' baslang'ısh tezligi qansha u'lken bolsa orbitanın' u'lken yarım ko'sherinin' de sonshama u'lken bolatug'ınlıg'ı, sonlıqtan da'wirinin' de artatug'ınlıg'ı ko'rinip tur. Oraylıq deneden en' kishi ha'm en' u'lken qashıqlıqtag'ı ellips noqatları (su'wrette Π ha'm A noqatlar) sa'ykes ra'wishte, peritsentr ha'm apotsentr dep ataladı. Eger tartıwshı dene Jer bolsa, onda ol noqatlar perigey ha'm apogey dep, al Quyash bolsa perigeliy ha'm afeliy dep ataladı.

Kosmos apparatının' perigeydegi tezligi (v_p) maksimum, apogeydegisi bolsa (v_a) minimum shamag'a iye boladı. Bul eki tezlik bir biri menen to'mendegishe baylanısqa:

$$v_p r_p = v_a r_a = v_k r_k * \cos \alpha. \quad (4)$$

Sebebi ten'liktin' eki ta'repin de m ge ko'beytsek biz qozg'alıs mug'darı momentinin' saqlanıw nızamın alamız:

$$m_0 v_p r_p = m_0 v_a r_a. \quad (5)$$

Bul jerde r_p ha'm r_a - perigey ha'm apogey noqatlarının' Jer orayman uzaqlıqları.

Eger oraylıq dene (misal ushın Jer) betinen belgili bir biyikliktegi A noqattan (su'wretke qaran'ız) baslang'ısh gorizonttal tezlik penen kosmoslıq apparat ushırılsa, A noqat baslang'ısh tezliktin' shamasına baylanıslı perigey yamasa apogeyge (su'wrettegi 1- ha'm 2- orbita) aylanadı. Tezliktin' belgili bir shamalarında ol shen'ber boylap qozg'alıp (su'wrette 3-orbita), shen'ber ta'rizli orbita radiusı r , u'lken yarım ko'sher a g'a ten' boladı. Bul jag'dayda

$$v_{ayl}^2 = \frac{K_{\oplus}}{r} \quad (6)$$

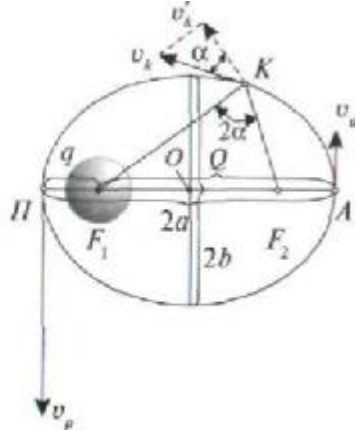
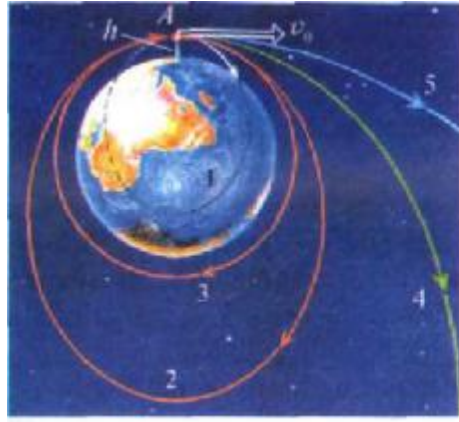
yamasa

$$v_{ayl} = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{r}} \quad (6')$$

boladı. Bul jerde K_{\oplus} nın' Jerdin' gravitatsiyalıq parametri ekenligin bilgen halda onnan ıqtıyarlı r qashıqlıqtag'ı shen'ber ta'rizli orbitag'a sa'ykes tezlikti an'sat tabıw mu'mkin. Bul jag'dayda $r = R_{\oplus} + h$ boladı (R_{\oplus} Jerdin' radiusı, h bolsa kosmos apparatının' Jer betinen biyikligi). Eger h nolge ten' bolsa aling'an an'latpa Jer ushın:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

birinshi kosmosliq tezlikti ta'ripleydi. Onin' shaması 7,91 km/s qa ten'.



Orayliq tartilis maydanında denenin' qozg'alıs traektoriyaları (mısal retinde Jerdin' tartıs maydanındag'ı kosmos apparatının' qozg'alısı keltirilgen).

Orayliq tartilis maydanında denenin' ellips ta'rizli orbita boyınsha qozg'alısı.

3. **Parabolalıq traektoriya boyınsha qozg'alıs.** Apogeyi sheksizlikte «jatırg'an» ellips ta'rizli orbita durıs ellips bola almaydı (4-orbita). Bul jag'dayda apparat tartıw orayınan sheksiz qashıqlasıp, tuyıq bolmag'an iymek sıızıq - parabola boyınsha qozg'aladı. Kosmosliq apparat tartıw orayınan uzaqlasqan sayın tezligi kishireyip baradı. Ellips boyınsha qozg'alısta tezlikti esaplaw formulası (1) den sheksizlikte $a \rightarrow \infty$ bolıwın itibarg'a alıp da'slepki r_0 qashıqlıqta parabolalıq orbitanı ta'miyinleytug'ın baslang'ısh tezliktin' u'lkenligi v_0 di tabamız. Onda:

$$v_0^2 = \frac{2K}{r_0} \quad (8)$$

yamasa

$$v_0 = \sqrt{\frac{2K}{r_0}} \quad (8')$$

formulaları boyınsha esaplang'an tezlik *parabolalıq* yamasa *erkinlik tezligi* dep ataladı. Sebebi bunday tezlikke erisken kosmos apparatı parabola boyınsha qozg'alıp tartıw orayına qaytpaydı. Basqasha aytqanda erkinlik aladı.

Eger $r = R_{\oplus}$ - Jerdin' radiusına ten' etip alınsa

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_{\oplus}}{R_{\oplus}}}$$

bolıp, ol ekinshi kosmosliq tezlik dep ataladı. Jer ushın ekinshi kosmosliq tezliktin' shaması 11,186 km/s di quraydı.

Birinshi ha'm ekinshi kosmosliq tezliklerdi salıstırıp:

$$v_{II} = v_{\text{erk}} = v_I \sqrt{2} \quad \text{yamasa} \quad v_{\text{erk}} = 1,414 v_I$$

ekenligin tabamız.

Endi bul ten'liklerden energiya integralın (IV. 4- §) jazsaq, tartilis maydanıdag'ı orayliq deneden r qashıqlıqta'ı tezlik

$$v^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 * \left(1 - \frac{r_0}{r}\right)$$

ekenligi kelip shıg'adı.

4. **Giperbolalıq traektoriyalar.** Eger kosmos apparatı parabolalıq tezlikten u'iken tezlikke erisse ol bul halda da ashıq iymek sıziq boyınsha qozg'alıp, sheksizlikke jetedi. Biraq bul jag'dayda onın' traektoriyası giperbola (5-orbita) tu'rine enedi. Bul halda kosmos apparatının' sheksizliktegi tezligi nolge ten' bolmaydı. Tartıw oraynan uzaqlasqan sayın onın' tezligi u'zliksiz kishireyip barsa da, biraq ol $r \rightarrow \infty$ bolg'anda (10)-an'latpadan tabılátug'ın v_∞ tezlikten kem bola almaydı

$$v_\infty^2 = v_0^2 - v_{\text{erk}}^2 \left(1 - \frac{r_0}{r} \right).$$

v_∞ tezlikti qaldıq tezlik (bazı bir tezliktin' giperbolalıq arttırması) dep ataladı.

Giperbolalıq traektoriya tartıw oraynan uzaqta giperbola asimptotaları dep atalıwshı tuwrı sıziqlardan derlik parıq qılmaydı. Sonın' ushın u'iken uzaqlıqta giperbolalıq traektoriyanı tuwrı sıziqlı traektoriya dep ataw mu'mkin.

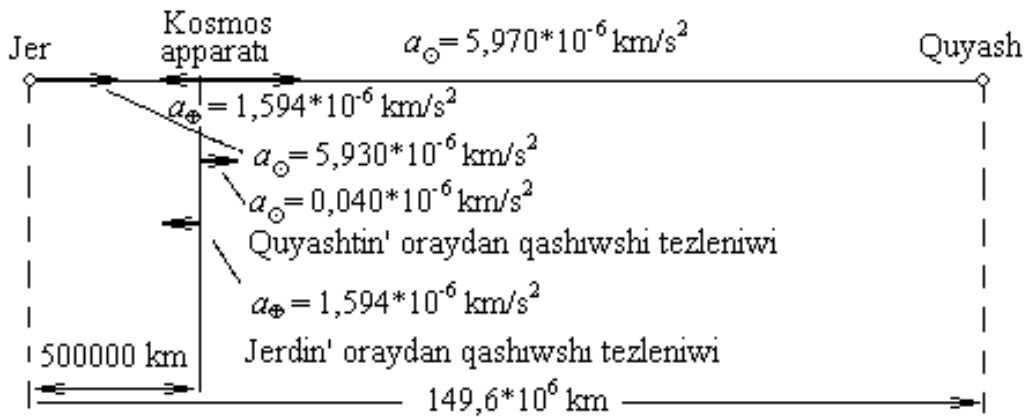
Parabolalıq ha'm giperbolalıq traektoriyalarda joqarıda keltirilgen eki ten'leme de orınlı bola beredi. Tartıw maydanında kosmos apparatının' passiv qozg'alısı birinshi bolıp planetalar qozg'alısının' ellips ta'rizli ekenligin ashqan ha'm olardıń qozg'alıs nızamların anıqlag'an nemis alımı İ.Keplerdin' hu'rmetine Keplerlik qozg'alıs dep ataladı.

Ta'sir sferası ha'm kosmoslıq apparatlardıń traektoriyaların juwıq esaplaw

Kosmos apparatlardıń Keplerlik orbitaları haqıyqıy aspan deneleri ushın tiykarında a'melge asırılıp bolmaytug'ın orbitalar bolıp tabıladı. Sebebi ıqtıyarlı aspan denesinin' da'l sferalıq simmetriyag'a iye bolmag'anlıg'ı sebepli onın' maydanı da da'l oraylıq bola almaydı. Sonın' menen birge basqa sırtqı aspan denelerinin' ta'siri ha'm basqa faktorlardın' denenin' haqıyqıy traektoriyasına ta'sir etiwinin' na'tiyjesinde onın' qozg'alısın u'yreniwde esapqa alınıwı lazım. Biraq ju'da' a'piwayı bolg'anlıg'ı sebepli ha'm usı waqıtlarg'a shekem jaqsı u'yrenilgenlikten Keplerlik qozg'alıstan bas tartıw mu'mkin emes. Sonın' ushın Kepler orbitası qozg'alıstag'ı deneler ushın tayanış orbita sıpatında qabıl qılınıp, a'dette basqa faktorlar beretug'ın ta'sirler orbitanı esaplawlarda ayırım tu'rde itibarg'a alınadı. Basqasha so'z benen aytqanda denenin' qozg'alıs traektoriyası da'llestiriledi.

Sırtqı aspan deneleri ta'repinen Jer a'tirapında qozg'alatug'ın kosmos apparatına beriletug'ın gravitatsiyalıq ta'sirlerdi (Quyash mısasında) esaplayıq (su'wrette ko'rsetilgen).

1. Jerden 500000 km qashılıqtag'ı kosmos apparatı Quyashtan 149100000 km qashılıqta bolıp, og'an Jerdin' beretug'ın tezleniwı $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$, Quyashtiki bolsa $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ km/s}^2$ tı quraydı. Yag'nyy Quyashtın' kosmoslıq apparatqa beretug'ın tezleniwı Jerdikiyen bir neshe ese u'iken bolıp shıg'adı. Biraq bul kosmos apparatının' Jer a'tirapınan ketip qalıp, og'an Quyashqa «kelip tu'siwge» imkaniyat bermeydi. Haqıyqatında eger bizdi kosmos apparatının' geooraylıq (yag'nyy Jerge salıstırğ'andag'ı) qozg'alısı qızıqtıratug'ın bolsa oraydan qashıwshı tezleniw sıpatında Quyashtan kosmos apparatı ha'm Jer alatug'ın $(5,930 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2)$ tezleniwlerdin' ayırması $(5,970 - 5,930) \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2 = 0,040 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$ menen Jerdin' kosmos apparatına beretug'ın tezleniwı - $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$ salıstırılıwı lazım. Tabılğ'an oraydan qashıwshı tezleniw $(0,040 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2)$ kosmos apparatına Jer ta'repinen beriletug'ın tezleniwdin' (yag'nyy, $1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$) 2,5 protsentin g'ana quraydı.



Jerdin' Quyashqa salıstırğ'andag'ı ta'sir sferasını bahalaw.

2. Endi kosmos apparatının' geliooraylıq (yag'nıy Quyashqa salıstırğ'andag'ı) qozğ'alısın u'yreneyik. Bunday jag'dayda Jerdin' kosmos apparatına beretug'in tezleniwi ($1,594 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$) ha'm Quyashqa beretug'in tezleniwinin' ($0,00001781 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$) ayırması Quyashın' kosmos apparatı beretug'in tezleniwi $5,970 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$ ushın oraydan qashıwshı tezleniw bolıp, ol Quyashın' kosmos apparatına beretug'in tezleniwinin' ($5,970 \cdot 10^{-6} \text{ km}^3/\text{s}^2$) 26,7 protsentin quraydı. Demek geliooraylıq qozğ'alısqa Jerdin' ta'sirinin' a'dewir sezilerli ekenligi anıqlanadı.

Endi bunday esaplawdı Jer a'tirapındag'ı barlıq noqatlarg'a qollansaq Quyashqa salıstırğ'anda Jer hu'kimdarlıq qılaturğ'ın ken'islikтин' shegarası sonday jol menen anıqlanadı, onnı' sfera ta'rizli ekenligi belgili bolıp, bul sferanı **Jerdin' ta'sir sferası** dep ataydı. Jerdin' ta'sir sferasının' Quyashqa salıstırğ'anda radiusı 925000 km, Aydın' ta'sir sferasının' Jerge salıstırğ'anda radiusı 66000 km, Quyashın' galaktika orayına salıstırğ'andag'ı esaplang'an ta'sir sferasının' radiusı bolsa $9 \cdot 10^{12} \text{ km} = 1 \text{ j.j. nı ten'}$.

Araları a bolğ'an m massalı denenin' massası M bolğ'an deneg'e salıstırğ'anda ta'sir sferasının' radiusı ($m \ll M$)

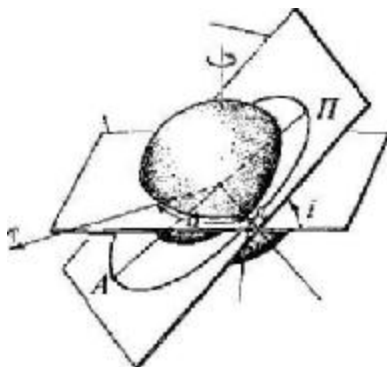
$$\rho = a \left(\frac{m}{M} \right)^{\frac{2}{5}}$$

an'latpasının' ja'rdeminde tabıladı.

Kosmos apparatı bir denenin' ta'sir sferasının' shegarasını kesip o'tkende ol tartılıstın' bir oraylıq maydanınan ekinshisine o'tedi. Kosmos apparatının' ha'r bir tartılıs maydanıdag'ı qozğ'alısı usı maydanlarg'a salıstırğ'anda o'z aldına Keplerlik orbitanı (konuslıq kesimlerdin' birin) quraydı. Ta'sir sferasının' shegarasıdag'ı kosmoslıq apparattın' qozğ'alıs traektoriyası bol-sa belgili bir qag'ıydalar boyınsha «du'ziledi». Kosmos apparatları traektoriyalarının' esaplawdın' juwıq usılının' tiykarg'ı ma'nisi sonda bolıp, ol *bazı bir konuslıq kesimlerdi o'z-ara tutastırw usılı* dep te ataladı.

Jerdin' jasalma joldaslarının' orbitalarının' elementleri

Jer a'tirapı ken'isliginde qozğ'alaturğ'ın jasalma joldastın' Jer ekvatorı tegisligine salıstırğ'anda halın ha'm onnı' qozğ'alısı menen baylanıslı bolğ'an shamalardı o'z ishine alıwshı parametrler onnı' **orbitasınıń elementleri** dep ataladı.



Jerin' jasalma joldasının' orbitasının' elementleri.

Jasalma joldaslardıń to'mendegidey orbita elementleri bar (su'wretti karan'ız):

i – jasalma joldastın' orbitasının' Jer ekvatorı tegisligine qıyalıg'ı ($i = 90^\circ$ - polyuslik joldas; $i = 0$ bolg'anda bolsa ekvatorlıq joldas dep ataladı);

Jasalma joldastın' qozg'alıs jolı Jerin' aylanıw bag'darına sa'ykes kelse *tuwrı*, kerisinshe bolg'anda bolsa *keri joldas* dep ataladı ($i > 90^\circ$ bolg'anda joldaslar keri qozg'aladı);

h_a – jasalma joldas apogeyinin' biyikligi; h_p - perigeyinin' biyikligi;

T – jasalma joldastın' Jer a'tırıpında aylanıw da'wiri;

a - jasalma joldas orbitasının' u'lken yarım ko'sheri;

e - orbita eksentrisiteti;

α - ko'teriliw tu'yininin' Jer ekvatorı tegisligi boyınsha ba'ha'rgi ku'n ten'lesiw (\wedge) noqatınan mu'yeshlik uzaqlıg'ı.

Orbita elementleri belgili bolg'anda berilgen waqıt momenti ushın JJ tın' aspadag'ı ornı (koordinataları) an'sat tabıladı.

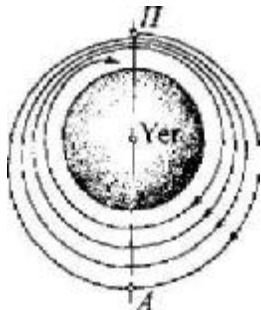
Jer atmosferasında jasalma joldas orbitasının' evolyutsiyası

Jer a'tırıpında qozg'alatug'ın jasalma joldasqa ha'r qıylı ku'shler ta'sir etedi. Sol ku'shler ishinde Jer atmosferasının' qarsılıq ku'shi en' a'hmiyetli ku'sh bolıp esaplanadı. Jer atmosferasının' jasalma joldas qozg'alısına qarsılıq ku'shi to'mendegi an'latpadan tabıladı

$$F_{\text{qars}} = cS \frac{\rho v_{\text{nis}}^2}{2}.$$

Bul an'latpada atmosferanı joqarı qatlamları ushın c shamasının' ma'nisi 2-2,5 arasındag'ı o'lsheimsiz qarsılıq koeffitsienti, S - joldastın' maksimal ko'ldenen' kesimi, v_{nis} joldastın' sırtqı ortalıqqa salıstırg'andag'ı tezligin ta'ripleydi.

Qarsılıq ku'shi sıyaqlı joldastın' qozg'alısına ta'sir etiwshi oraydan qashıwshı tezleniwdin' u'lkenligi 200 km biyiklikte $2,2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}^2$ tı, 400 km biyiklikte bolsa $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$, 800 km biyiklikte bolsa bar bolg'anı $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}^2$ shamasın quraydı. Joldas 100 km biyiklikte ushıp baratırğanda bul tezleniwdin' shaması sezilerli da'rejede u'lken bolıp, $0,3 \text{ m/s}^2$ qa ten' boladı.



Jer atmosferasında jasalma joldastın' orbitasının' evolyutsiyası.

110-120 km biyiklikten baslap (to'menge qaray), atmosferanın' tıg'ızlıg'ının' tez o'setug'mlıg'ına baylanıslı jasalma joldas gezektegi aylanıwın juwmaqlay almay, Jerge qulap tu'sedi. Sonın' ushın 86,5-86,7 minutlıq da'wir menen aylanıwshı jasalma joldas ushın bunday

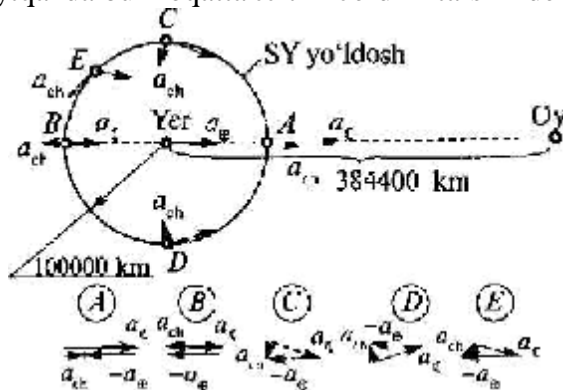
biyiklik qa'wipli bolip esaplanadi. Ellips ta'rizli orbita boyinsha qozg'alatug'in jasalma joldas o'z perigeyinen o'tkende qarsiliq salistirmali u'lken bolg'anlig'ina baylanisli (atmosferaning t'ig'izlig'inin' u'lken bolg'anlig'ina baylanisli) tezligin tez jog'altip, apogey (A) biyikliginin' keskin tu'siwine sebep boladi. Bul bolsa o'z gezeginde perigey (Π) biyikliginin' de tu'siwine sebep boladi (su'wretke qaran'iz). Na'tiyjede to'men orbitada qozg'alatug'in jasalma joldas bir neshe ku'nge barmay atmosfera qatlamlarida janip Jerge qulap tu'sedi.

Jasalma joldaslardin' qozg'alislari Ay menen Quyashdin' ta'siri

Jer a'tirapinda aylanishli jasalma joldasqa Ay ha'm Quyashdin' tartiw ku'shleri sezilerli da'rejede ta'sir etip, onin' orbitasinin' bir qancha o'zgeriwlerine alip keledi. Bul jag'dayda Aydin' ta'siri jaqinlig'ina baylanisli Quyashdin' ta'sirinen bir qancha artiq bolip, onin' oraydan qashiwshi tezleniwinin' ta'sirinde jasalma joldas orbitasinin' qalay o'zgeretug'inlig'i menen tanisayiq.

Su'wrette Jer a'tirapinda aylanatug'in jasalma joldas orbitasinin' A, B, C, D noqatlarida Aydin' oraydan qashiwshi tezleniwlerinin' qanday bag'darda ha'm u'lkenliklerde bolatug'inlig'i ko'rsetilgen. Olardin' bag'itlaridan ko'riniwinshe, aqir-ayag'ida jasalma joldas orbitasi Jer a'tirapinda Ay menen Jerdi tutastirishli sızıq boyinsha «deformatsiyalanadi» (soziladi) eken.

A noqatta oraydan qashiwshi tezleniw maksimal ma'niske jetip $18 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ti, basqasha aytqanda bul noqatta JJ tin' Jerdin' ta'sirinde alatug'in tezleniwinin' 0,052 protsentin quraydi.



Jerdin' jasalma joldasi qozg'alisina Ay menen Quyashdin' ta'siri.

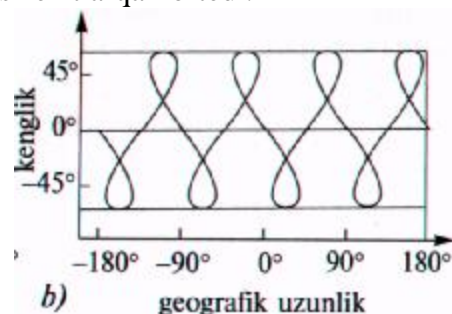
Sizilmanin' to'mengi bo'liminde sa'ykes noqatlarda jasalma joldasqa Ay beretug'in tezleniw keri belgi menen aling'an Jerdin'

Aydin' ta'sirinde alg'an tezleniwinin' qosiliwman payda bolg'an oraydan qashiwshi tezleniwler keltirilgen.

Jasalma joldaslardin' Jerdin' betine salistirg'andag'i qozg'alisi

Jasalma joldaslardin' Jerdin' betine proektsiyasi dep Jerdin' orayi menen jasalma joldasti tutastirishli tuvri sızıqtin' Jerdin' beti menen kesiksen noqatına aytiladi. Jasalma joldastin' Jer a'tirapinda aylanishi dawamında qaldirg'an onin' sonday proektsiyalarinin' geometriyalıq ornı jasalma joldastin' *trassasi* dep ataladi.

Jasalma joldastin' trassasi Jer betindegi sonday noqatlardın' ornı bolip tabiladi, bul noqatlarda sutkanın' ha'r tu'rli waqıtında jasalma joldas zenit arqalı o'tedi.



Jerdin' aylanıwına baylanıslı jasalma joldas trassasın' Jer ekvatorın kesip o'tiw mu'yeshi jasalma joldas orbitasın' ekvatorg'a awısıw mu'yeshinen pari qıladı. 45-su'wrette ha'r tu'rli da'wirler menen aylanıwshı jasalma joldaslardıń trassaları keltirilgen. Olar ishinde Jerdin' aylanıw da'wirine ten' da'wir menen aylanıwshı joldasın' trassaları adam dıqqatın o'zine tartadı (45-d su'wret). Olar «8» tu'rinde bolıp, joldas orbitasın' Jer ekvatorı tegisligine qıyalıqına baylanıslı ra'wishte onın' «boyı» o'zgerip turadı. Qıyalıq qansha kishi bolsa, «8» din' boyı da sonshama kishi boladı. Eger awısıw mu'yeshi nolge ten' bolsa ($i=0$) trassa da ekvator da jatıwshı noqatına aylanadı.



Ha'r qıylı da'wirli Jerdin' jasalma joldasların' trassaları:
a) 20 saatlıq da'wir menen; b) 30 saatlıq da'wir menen; d) 24 saatlıq da'wir menen qozg'alatug'ın joldaslar.

Basqasha so'zler menen aytqanda Jer ekvatorın' bul noqatında turg'an baqlawshısına jasalma joldas barlıq waqıtta da zenitte ko'rinedi (basın' u'stinen basqa ta'repke jıljımaydı). Bunday joldaslar *geostatsionar joldaslar* dep ataladı.

Orbitadag'ı manevrlar

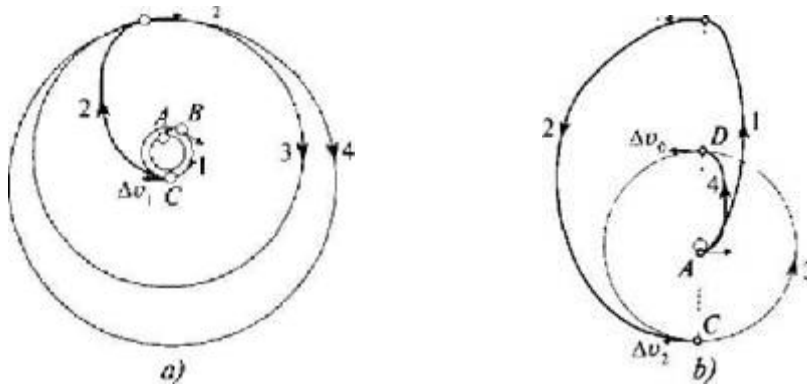
1. Jasalma joldastın' orbitasın' biyikliklerin o'zgeritiw.

Belgili bir maqsetti ko'zde tutıp jasalma joldaslar orbitaların ha'r qıylı etip o'zgeritiw orbitalıq manevrlar dep ataladı. JJ lardıń manevr qıldırıw za'ru'rligi olardıń orbitalarına du'zetiwler kirgiziwde, jan'a orbitag'a o'tkiziwde, orbitadag'ı basqa bir JJ penen jaqınlastırg'anda yamasa joldastı Jerge qaytarıw za'ru'rlikleri payda bolg'anda a'melge asırıladı.

Orbitalıq manevr a'dette joldas bortındag'ı raketa dvigatelleri ja'rdeminde a'melge asırıladı. Qısqa waqıtqa dvigateldi iske tu'siriw jolı menen a'melge asırıl'g'an manevrlar bir impulslı, bir neshe ret dvigateldi jag'ıw jolı menen a'melge asırıl'g'an manevrlar bolsa ko'p impulslı manevrlar dep ataladı. Orbitalıq manevrlar kishi tartısıw ku'shine iye bolg'an dvigatellerdin' u'zliksiz islewi protsessinde de a'melge asırılıwı mu'mkin.

Ko'z aldımızg'a elesleteyik, jasalma joldastı Jer a'tirapındag'ı ju'da' biyik shen'ber ta'rizli 3-orbitag'a shıg'arıw talap etilsin (46-su'wret). Bul jag'dayda jasalma joldas da'slep Jer a'tirapındag'ı 1-orbitag'a shıg'arılardı. Son'man C noqatında qosımsha berilgen Δv_1 tezlik impulsı ja'rdeminde 2-ellips ta'rizli orbitag'a o'tkeriledi. Bul orbitanın' apogeyi mo'lsherlengen 3-orbitag'a urınıp o'tetug'ın qılıp tan'lap alınadı. Jasalma joldas D noqatına jetkende tezlikin' ekinshi impulsı Δv_2 ja'rdeminde ol biyigirektegi mo'lsherlengen shen'ber ta'rizli orbitag'a (3) shıg'arılardı. Eger JJ tı perigeyi D noqatı bolg'an ellips ta'rizli 4-orbitag'a shıg'arıw talap etilse a'dette ekinshi impuls ushın u'lkenirek tezlik tan'lap alınadı.

Aldın ala mo'lsherlengen orbitag'a jasalma joldastı ko'p tu'rli jollar (manevrlar) menen shıg'arıw mu'mkin. Biraq olar ishinde tek birewi en' ekonomlı (energiyanın' jumsalıwı boyınsha) usıl dep esaplanadı.



a) jasalma joldas orbitasi biyikliklerin o'zgartiruv boyinsha manevrlar; b) eki ha'm u'sh impulsli manevrlardi salostiruv.

Misal retinde Jer a'tirapinda mo'lsheirlengen orbitag'a jasalma joldasti shig'arivdin' eki usili menen tanisip, olardin' qanshama ekonomli ekenligin aniqalayiq. Jer betinen (A) berilgen baslang'ish v_0 tezlik ja'rdeminde jasalma joldas da'slep 1-sozilg'an ellips ta'rizli orbita boyinsha qozg'aladi. Son' B noqatta Δv_1 qosimsha tezlik impuls ja'rdeminde ol 2-ellips ta'rizli orbitag'a o'tkeriledi. Bul ellips ta'rizli orbitanin' perigeyi mo'lsheirlengen shen'ber ta'rizli orbitag'a (3) urinip o'tetug'in qilip tan'lap alinadi. En' aqirinda jasalma joldas C noqatiga jetkende, ol tormozlawshi Δv_2 tezlik impuls ja'rdeminde mo'lsheirlengen 3-orbitag'a shig'ariladi.

Ekinshi usilg'a o'temiz. Bunday orbitag'a (3) JJ ti 4-o'tiw orbitasi arqali da shig'ariv mu'mkin. Bunin' ushin 4-ellips ta'rizli orbitanin' apogeyinde (D) joldasqa qosimsha Δv_0 tezlik berilip, onl mo'lsheirlengen 3- shen'ber ta'rizli orbitag'a o'tkeredi.

Energiyalik ko'z qarastan mo'lsheirlengen 3-orbitag'a shig'arivdin' sol eki usili salostirilg'anda bul mo'lsheirlengen orbitanin' radiusi $11,9 R_{\oplus}$ dan u'lken bolg'anda (Bul jerde R_{\oplus} arqali Jer radiusi belgilengen) 1-usildin' orinli boluv, radius $11,9 R_{\oplus}$ dan kishi bolg'anda bolsa 2-usildin' orinli boluv orbitalardin' esaplawlari tiykarinda ko'rinedi.

Qiyalimizg'a keltireyik, jasalma joldas Jer a'tirapinda 200 km biyiklikte $v = 7,789$ km/s tezlik penen shen'ber ta'rizli qozg'alatug'in bolsin. Orbitanin' belgili bir noqatinda og'an 10 m/s qosimsha tezlik berilgenda payda bolg'an ellips ta'rizli orbitanin' parametrlarinin' bunday manevr aqibetinde qanshamag'a o'zgeretug'inlig'in aniqalayiq. Ellips ta'rizli orbitanin' perigeydegi tezlik ushin an'latpadan tabilg'an shamalardan ($K_{\oplus} = 3,986 \cdot 10^5 \frac{\text{km}^3}{\text{s}^2}$, $R_{\oplus} = 6370$ km):

$$v_p = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \right)};$$

$$\frac{v_p^2}{K_{\oplus}} = \frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{1}{a} \quad \text{ямака} \quad \frac{1}{a} = \frac{2}{R_{\oplus} + h} - \frac{v_p^2}{K_{\oplus}}.$$

Bul jerden orbitanin' u'lken yarim ko'sheri:

$$a = \frac{K_{\oplus}(R_{\oplus} + h)}{2K_{\oplus} - v_p^2(R_{\oplus} + h)} = 6587 \text{ km}$$

boladi. Bul halda apogeydin' biyikligi $h_a = 2a - 2R - h_p = 234$ km, yag'nuy apogeyde jasalma joldastin' biyikligi perigeyde berilgen qosimsha 10 m/s tezlik impulsiga baylanisli 34 kmge ko'teriledi eken. Demek ha'r 1 m/s qosimsha tezlik joldas orbitasin onin' apogeyinde 3,4 km ge ko'teredi eken degen so'z.

2. Jasalma joldastın' orbita tegisligin o'zgertiw. Orbitanın' basqa parametrlerin (tezlik, ekvator dı kesip o'tiw noqatı ha'm biyikligi) o'zgerilmegen halda onın' Jer ekvatorı tegisligine salıstırğ'andag'ı awısıw mu'yeshin Δi mu'yeshke o'zgertiw za'ru'r bolsın (47-a su'wret). Bul jag'dayda talap etilgen manevrdı a'melge asırıwshı tezlik impulsı Δv vektor, jasalma joldastın' orbitalıq tezligi v_0 ha'm alıng'an na'tiyjelik orbitalıq tezlik $v_{n.t}$ vektorları menen ten' qaptallı u'sh mu'yeshlik payda etedi (47-b su'wret). Bul tezlikler u'sh mu'yeshliginen

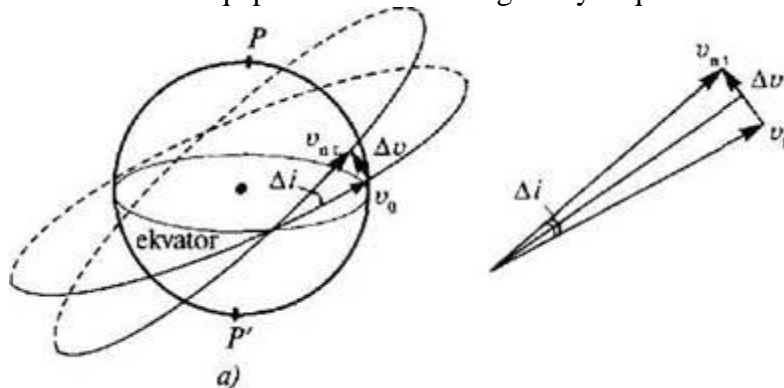
$$\frac{\Delta v}{2} = \sin \frac{\Delta i}{2} \cdot v_0$$

Bunnan

$$\Delta v = 2v_0 \sin \frac{\Delta i}{2}$$

ge ten' bolatug'inlıg'ı ko'rinip turıptı.

Bul jag'dayda na'tiyjelik tezliktin' moduli da'slepki orbitalıq tezlik moduline ten' ($|v_0| = |v_{n.t}|$) bolg'anı ha'm onın' georaylıq radius-vektor menen payda etken mu'yeshinin' o'zgermegenliginen orbitanın' basqa parametrleri de o'zgermey saqlanadı.



Jer joldastın' orbita tegisliklerin buriw: a) jasalma joldas orbitasın Δi mu'yeshke buriw; b) Δi mu'yeshke buriwdag'ı tezlikler u'sh mu'yeshi (Δv arqalı buriw ushın za'ru'r bolg'an tezlik impulsı belgilengen).

Mısalı shen'ber ta'rizli orbitada v_0 tezlik penen qozg'alatug'ın jasalma joldas orbitası tegisligin 90° qa buriw talap etilsin. Bul halda tezlikler u'sh mu'yeshinen orbitanı buriw ushın za'ru'r bolg'an tezlik impulsının' shaması

$$\frac{\Delta v}{2} = \sin \frac{90^\circ}{2} \text{ yamasa } \Delta v = 2v_0 \sin 45^\circ = \sqrt{2}v_0,$$

yag'nıy orbitanı 90° qa buriw ushın za'ru'r bolg'an tezlik impulsı ekinshi kosmoslıq tezlikke ten' bolıwı kerek eken.

Sonlıqtan jasalma joldas orbitalarının' tegisliklerin Jer ekvatorı tegisligine qıyalıg'ın o'zgertiw u'lken energiyanın' sarıplanıwı menen orınlanatug'ın manevr eken.

Biraq sonı aytıw kerek, jasalma joldas orbitasın 49° dan u'lken mu'yeshke buriw talap etilgende onın' orbitası qosımsha Δv tezlik impulsı ja'rdeminde parabolalıq orbitag'a o'tkizilip, bunnan son' sheksizlikte (yag'nıy, jasalma joldas tezligi nolge umılğanda) ju'da' kishi tezlik impulsı ja'rdeminde burıp alınadı. Jasalma joldas perigeyden o'tip atırğ'anda tormozlawshı ekinshi impuls ja'rdeminde Jer a'tırıpındag'ı esaplang'an orbitag'a salıstırmalı kem energiya jumsaw arqalı o'tkiziw imkaniyatının' bar ekenligin esaplawlar ko'rsetedi.

Ayg'a ushıw traektoriyaları

Kosmos apparatların Ayg'a ushırıwdın' traektoriyaları ko'p qıylı bolıp, biz olar ishindegi en' a'piwayısı - Ay orbitası tegisliginde jatıwshı traektoriya menen tanısamız. Sonın' menen birge bul mısaldı ja'nede a'piwayılastırıw ushın Aydın' Jer a'tırapındag'ı orbitasını radiusı 384400 km li shen'ber ta'rizli orbitadan ibarat dep qaraymız (haqıyqatında ol ellips bolıp, apogeyinde Ay Jerden bul qashıqlıqtan 21 mın' km qashıqlasadı, al perigeyde bolsa 21 mın' km ge jaqınlasadı).

Kosmos apparatın Ayg'a ushırıw ushın da'slep ol Jer a'tırapındag'ı Ay orbitası tegisliginde jatıwshı ha'm keminde 200 km biyiklikke iye bolg'an orbitag'a shıg'arıladı (48-su'wret). Joqarıda esletip o'tkenimizdey, kosmonavtikada o'tiw orbitaları (bizdin' mısalmızda Jer a'tırapı orbitasınan Ay orbitasına o'tiw orbitası) ishinde en' kem energiyanın' sarıplanıwı menen o'tiletug'ın bunday traektoriya aralıq orbitadan ($h = 200$ km) baslanıp, radiusı 384400 km li Ay orbitasında tamam bolatug'ın yarım ellips ta'rizli traektoriya esaplanadı. Sol eki orbitag'a (aralıq ha'm Ay orbitası) urınıp o'tiwshı bunday yarım ellips ta'rizli o'tiw traektoriyası onı birinshi ret using'an alım Gomonnın' hu'rmetine Gomon orbitası dep ataladı.

Usı tu'rdegi Ayg'a ushıw traektoriyasının' esaplawları menen tanısaiyq. Bunın' ushın da'slep Jer a'tırapında 200 km biyikliktegi aralıq orbitada qozg'alatug'ın kosmos apparatının' tezligin Jerdin' berilgen gravitatsiyalıq parametri $K_{\oplus} = 4 \cdot 10^5 \text{ km}^3/\text{s}^2$ ha'm orbita radiusı $r = R_{\oplus} + 200 \text{ km} = (6370 + 200) \text{ km} = 6570 \text{ km}$ ge baylanıslı anıqlaymız. Bul shama to'mendegi an'latpadan tabıladı:

$$v_1 = \sqrt{\frac{K_{\oplus}}{R_{\oplus} + h}} = 7,789 \text{ km/s.}$$

Aydın' orbitalıq tezligi $v_f = 1,1018 \text{ km/s}$ ekenligi ma'lim.

Yarım ellips ta'rizli orbitanın' u'lken yarım ko'sheri bolsa

$$a = \frac{1}{2}(r_{f\text{orb.}} + R_{\oplus} + h) = 195485 \text{ km.}$$

Bul jag'dayda Gomon traektoriyasının' apogeyindegi kosmos apparatının' tezligi:

$$v_a = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{r_{1\text{orb}}} - \frac{1}{a} \right)} = 0,187 \text{ km/s}$$

boladı. Bunnan kosmos apparatının' Ay orbitasının' bir noqatına jetip barg'anda onın' Ayg'a salıstırğ'andag'ı tezligi (Ayg'a tu'siw tezligi)

$$\Delta v = v_f - v_a = (1,1018 - 0,187) \text{ km/s} = 0,831 \text{ km/s}$$

bolatug'inlıg'ı ko'rinedi.

Endi Ayg'a ushıp barıw waqtına kelsek, ol kosmos apparatının' orbitasına urınıp o'tiwshı gomon-ellips ta'rizli orbita boyınsha tolıq aylanıw da'wirinin' yarımına ten' boladı. Bul da'wir Keplerdin' III nızamına sa'ykes denenin' ellips boyınsha aylanıw da'wirine ten' bolıp, ol

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{K_{\oplus}}} a^{\frac{3}{2}}$$

an'latpasınan tabıladı.

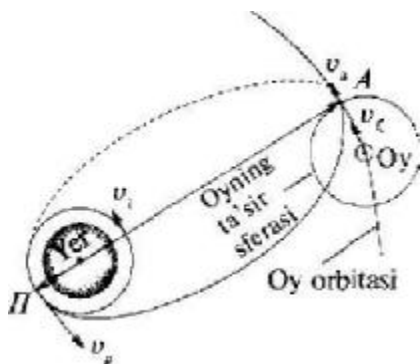
K_{\oplus} ha'm π lerdin' belgili bolg'an ma'nislerinen:

$$T = \frac{a\sqrt{a}}{6028,92} \text{ min} = 9 \text{ sutka } 22 \text{ saat } 56 \text{ min.}$$

Bunday jag'dayda t ushıw waqtının' T da'wirinin' yarımına ten'liginen

$$t = \frac{T}{2} = 4 \text{ sutka } 23 \text{ saat } 28 \text{ min}$$

boladı.



Ayg'a ushiv traektoriyasi.

Apogeyinde Ay orbitasina shekem ko'teriletug'in sozilgan o'tiw orbitalarining u'lken ko'sheri kosmos apparatin araliq orbitaga urinip ko'teriw tezligining u'lkenligine baylanisli bolip, ol ± 2 m/s qa'telik penen araliq orbitadan ko'terilse, apogeyinde onin' biyikligi ± 8000 km ge o'zgeredi. Ay diametrin bul u'lkenlik (± 8000 km) penen salstirsaq ± 2 m/s qa'telik penen kosmos apparatin ushiv Aydi nishanaga aliwda u'lken qa'teliklerge jol qoyilwdin' mu'mkinligin ayqin ko'rsetedi.

Demek Ay apogeyde bolg'anda, yag'niy Jerden Ayg'a shekemgi ortasha qashikliqtan (384400 km) 21 min' kilometr u'lken bolg'anda, Ayg'a jetiw ushin kosmos apparatinin' minimal baslang'ish tezligin keminde 5 m/s ge u'lkeytiw lazimlig'i ma'lim boladi.

Aydin' betine qoniw

Kosmos apparatinin' Ayg'a jaqin qashikliqlardagi qozg'alisin og'an salstirg'andag'i birinshi ha'm ekinshi kosmosliq tezliklerge su'yenip izertlew mu'mkin. Aydin' gravitatsiyaliq parametrine ($K_f = 4,9 \cdot 10^3 \text{ km}^3/\text{s}^2$) ha'm radiusina ($R_f = 1738 \text{ km}$) sa'ykes 1- ha'm 2- kosmosliq tezlikler

$$v_I = \sqrt{\frac{K_1}{R_1}}, \quad v_I = 1,680 \text{ km/s},$$

$$v_{II} = \sqrt{\frac{2K_1}{R_1}}, \quad v_{II} = 2,375 \text{ km/s}.$$

an'latpalarinan tabiladi.

Eger Ay betinen bir dene 2- kosmosliq tezlik (2,375 km/s) menen ilaqtirilsa ol Aydin' ta'sir sferasi ($r_{t.s.} = 66000 \text{ km}$) shegarasinda parabolaliq tezlikke erisedi:

$$v_{\text{par}} = \sqrt{\frac{2K}{r_{t.s.}}} = 0,385 \text{ km/s}.$$

Eger dene Aydin' ta'sir sferasina $v = 0,385 \text{ km/s}$ baslang'ish tezlik penen kirip, keyin Aydin' betine tu'setug'in bolsa, onda Aydin' tartiw ku'shi ta'sirinde tezligin arttirip, onin' betine jetkende energiyanin' saqlaniv nizamina sa'ykes bul dene ekinshi kosmosliq tezlikke (2,375 km/s) erisedi.

Endi Gomon orbitasi boyinsha Ayg'a jetip barg'an kosmos apparatinin' orbitasinin' apogeyinde georayliq tezliginin' 0,187 km/s ge to'menlewi ha'm ol Ay ta'sir sferasina Ayg'a salstirg'anda 0,831 km/s tezlik penen kiretug'inlig'in (aldin'g'i paragrafqa qaran') itibarg'a alsaq onin' Aydin' betine ekinshi kosmosliq tezlikten u'lken tezlik penen tu'setug'inlig'in an'law qiyin emes.

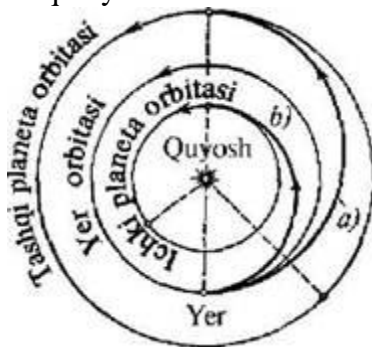


«Apollon» ekipajının' Ay betinin jınıslar jıynap atırg'an payıtı.

Usı sıyaqlı kosmos apparatın Aydın' betine a'ste-akırınlıq penen qondırıw ushın onın' tezligin tormozlawshı impuls ja'rdeminde so'ndiriwge tuwrı keledi. Aydın' betine a'ste-aqırınlıq penen qondırılǵ'an birinshi «Luna-9» planetalar aralıq avtomat stantsiyası Aydın' betine tik bag'ıtta tu'skende 75 km biyiklikte tormozlawshı raketa dvigateli iske tu'sirildi ha'm biyiklik 150 m ge jetkenshe dvigatel islep turdı. Tezliktin' bunnan keyingi so'ndiriliwi qozg'alıs bag'darına du'zetiwi kirgiziwshı kishi dvigateller ja'rdeminde a'melge asırıldı. «Luna» tipindegi kosmoslıq stantsiyalardıń barlıǵ'ı Ay betine sonday jollar menen qondırılǵ'an. «Luna-13» ten keyingi stantsiyalardıń Aydın' betine a'ste-aqırınlıq penen qondırılıwı Aydın' jasalma joldası orbitasında berilgen tormozlawshı impuls ja'rdeminde orınlang'an. Ay betinin' topıraq jınısları menen qaytqan «Luna-16, 20, 24» ha'm AQSh tın' «Apollon» avtomat stantsiyaları Ay-dan vertikal bag'ıtta 2,7 km/s baslang'ısh tezlik penen ko'terilip Jerge qayttı.

Planetalarǵ'a ushıw traektoriyaları

Kosmos apparatın planetalarǵ'a ushırıw traektoriyaların esaplawlar quramalı bolıp, eger planetalar Quyash a'tırıpında belgili bir tegislikte shen'ber ta'rizli orbitalar boyınsha qozg'aladı dep qaralsa ma'selenin' sheshimi bir qansha jen'illesedi. Bul jag'daylarda a'piwayılastırıw menen ju'da' u'lken qa'telerge jol qoyılmaıdı. Sebebi planetalar orbitalarının' ko'rinişi haqıyqatında da shen'berge jaqın bolıp, olardıń orbita tegisliklerinin' Jer orbitası tegisligine qıyalıǵ'ı og'ada kishi shamanı quraydı.



Gomon orbitaları boyınsha planetalarǵ'a ushıw traektoriyaları:

- a - sırtqı planetalarǵ'a ushıw traektoriyası;
- b - ishki planetalarǵ'a ushıw traektoriyası.

Planetalar bir tegislikte jatıwshı shen'ber ta'rizli orbitalar boyınsha qozg'aladı dep esaplang'anda planetalar aralıq ushıp o'tiw traektoriyaların esaplawlar burın qarap o'tilgen jasalma joldaslardın' shen'ber ta'rizli orbitaları arasındag'ı o'tiw traektoriyaların (Gomon orbitaların) esaplawlarǵ'a ju'da' uqsas.

Eger planetalardıń Quyashtan ortasha uzaqlıqları km larda, olardıń tezlikleri km/s larda berilse, Quyash tın' gravitatsiyalıq parametri $K_{\oplus} = GM_{\oplus} = 1,327 \cdot 10^{11} \text{ km}^3/\text{s}^2$ qa ten' boladı. Eger planetalardıń Quyashtan ortasha uzaqlıqları astronomiyalıq birliklerde (a.b.) alınsa Quyash tın' gravitatsiyalıq parametri $K_{\oplus} = 887,153 (\text{km}^2 \cdot \text{a.b.})/\text{s}^2$ qa ten'. Endi bul shamalardı

$$v = \sqrt{K_{\oplus} \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)}$$

an'latpasına qoysaq, geliooraylıq orbita boyınsha qozg'alatug'ın denenin' tezligin bul formula ja'rdeminde esaplaw qolay boladı:

$$V = 29,785 \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{1}{a}}.$$

Bul an'latpada r ha'm a lar astronomiyalıq birliklerde berilgen.

Mısal retinde Jerden Yupiterge qaray planetalar aralıq Gomon orbitası boyınsha ushırılǵ'an kosmos apparatının' traektoriyasın esaplawlardı keltireyik (50- a su'wret). Bul jag'dayda ya Jerdin', ya Yupiterdin' kosmos apparatına tartıw ku'shi menen ta'sir etpeydi dep esaplayıq. Eger Jer orbitasının' radiusın 1,0 a.b., Yupiter orbitasının' radiusın 5,2 a.b. dep, Jerdin' orbitalıq tezligin 30 km/s, Yupiterdin' orbitalıq tezligin 13 km/s dep alsaq, onda Gomon orbitası (yarım ellips) nın' u'lken yarım ko'sheri

$$a = \frac{1}{2} (r_{\oplus} + r_{yu}) = \frac{1}{2} (1,0 + 5,2) = 3,1 \text{ a.b.}$$

shamasına ten' bolıp shıǵ'adı. Bul jag'dayda kosmos apparatının' Gomon traektoriyasının' perigeliyindegi tezligi (r_{\oplus} - Jer orbitasının' radiusı):

$$V_p = 29,785 \sqrt{\left(\frac{2}{r_{\oplus}} - \frac{1}{a}\right)} = 29,785 * 1,295 = 38,575 \text{ km/s}$$

shamasına ten' boladı.

Sonlıqtan Jer orbitasınan Gomon orbitasına o'tiw ushın talap qılınatug'ın qosımsha tezlik orbitanın' perigeliyindegi tezlik penen Jerdin' orbitalıq tezligi arasındag'ı ayırmag'a ten' boladı, yag'nıy

$$\Delta v_1 = V_p - V_{\oplus} = (38,575 - 29,785) \text{ km/s} = 8,740 \text{ km/s}$$

shamasına ten' boladı. Gomon orbitası afeliyinde (Yupiter orbitasına urınıw noqatında) kosmos apparatı erisken tezlik (r_{yu} Yupiter orbitası radiusı)

$$V_a = 29,785 \sqrt{\left(\frac{2}{r_{yu}} - \frac{1}{a}\right)} = 29,785 * -\frac{1}{3,9} = 7,6 \text{ km/s}$$

ge ten' boladı.

Tartıw ku'shi esapqa alınbag'an Yupiter orbita boyınsha qozg'alatug'ın kosmos apparatının' artınan to'mendegi tezlik penen quwıp kiyatırǵ'an boladı:

$$\Delta v = 13,06 - 7,60 = 5,46 \text{ km/s.}$$

Endi kelesi paragrafta qızıǵ'ıwshılar ushın Jerdin' tartıw ku'shi esapqa alıng'an haldag'ı kosmos apparatının' Yupiterge ushıp barıwının' optimal bolg'an traektoriyasın esaplawlardı keltiremiz.

Planetalarǵ'a ushıwda Jer ha'm ushıp barılátug'ın planetanın' tartıw ku'shin esapqa alıw

Joqarıda aytılp o'tilgendey, eki shen'ber ta'rizli orbita boyınsha qozg'alatug'ın jasalma joldaslar orbitaları arasında a'melge asırılátug'ın Gomon o'tiw orbitası raketa janılǵ'ısın tejew ko'z-qarasınan qarag'anda en' optimal orbita bolıp esaplanadı.

Gomon traektoriyası boyınsha bir planetag'a ushıwda planetalardıń (Jer ha'm mo'lsherlengen planeta) tartıw ku'shlerin de itibarg'a alıw ushın o'tiw traektoriyasın esaplawlar Jer ha'm mo'lsherlengen planetanın' ta'sir sferaların da esapqa alıwdı na'zerde tutadı. Ma'selege bunday qatnas jasag'anda Gomon traektoriyasının' tek planetalardıń (Jer ha'm mo'lsherlengen planeta) ta'sir sferaları arasındag'ı bo'limin g'ana optimal dep qaraw mu'mkin.

Joqarıda aytilg'anlardı itibarg'a alıp endi Yupiterge ushıwda planetalar aralıq kosmos apparatının' Gomon orbitasına shıǵ'ıwı ushın Jerdin' ta'sir sferasında onı tezlestiriwdin' optimal sha'rayatın anıqlayıq. O'tken paragrafta Jer orbitasınan Gomon orbitasına shıǵ'ıw ushın za'ru'r bolg'an qosımsha tezlikтин' shamasının' 8,790 km/s qa ten' ekenligin anıqlag'an edik. Usı menen birge kosmos apparatı Jerdin' tartıw ku'shinen azat bolıwı ushın ol ekinshi kosmoslıq tezlikke shekem (11,187 km/s) tezlendiriliwının' lazım ekenligi de tu'sinikli. Bul tezlik penen raketa Jer-

din' ta'sir sferası shegarasın kesip o'tkennen keyin og'an tezlikin' qosımsha impulsı (8,790 km/s) berilip Gomon orbitasına shıg'arıladı. Biraq kosmos apparatın eki impuls ja'rdeminde bunday xarakteristik tezlik (19,977 km/s = 11,187 km/s + 8,790 km/s) penen Gomon o'tiw orbitasına shıg'arıw mu'mkin bolsa da, bul kosmos apparatı ushın optimal traektoriya bola almaydı.

Tap usınday na'tiyjege bunnan bir qansha kishi xarakteristikalıq tezlik penen de erisiw mu'mkin. Bunnan ushın kosmos apparatın tolıq tezletiliwine ilajı barınsha Jerdin' betine jaqın noqatta erisiw lazım. Joqarıda ko'rgeniimzdey baslang'ısh (start payıtındag'ı) tezlik, ekinshi kosmoslıq tezlik ha'm tezlikin' giperbolalıq qosımshası menen to'mendegidey baylanısta boladı:

$$v_0 = \sqrt{v_{\text{erk}}^2 + v_{\text{gip}}^2} \quad (1)$$

Sonlıqtan, Jerdin' beti janında kosmoslıq apparatqa

$$v_0 = \sqrt{11,187^2 + 8,790^2} \text{ km/s} = \sqrt{125,149 + 77,264} \text{ km/s} = \sqrt{202,413} \text{ km/s} = 14,220 \text{ km/s}$$

tezlik berilse ol Jerden 8,790 km/s ge ten' giperbolik arttırma menen ketip Yupiterge baratug'ın Gomon o'tiw orbitası boyınsha qozg'alıs ta'miynlenedi.

Keltirilgen esaplawlar tek Yupiterge barıw ushın za'ru'r bolg'an baslang'ısh tezlikin' minimal teoriyalıq shamasın beredi. Tezlikin' gravitatsiyalıq sarıplanıwı ha'm atmosfera qarsılıg'ı sıyaqlı jog'alıwların esapqa alg'anda teoriyalıq jollar menen tabılğ'an xarakteristikalıq tezlik joqarıdag'ı shamadan 1,5-2 km/s g'a artıq boladı.

To'mendegi kestede planetalarg'a ushıw ushın za'ru'r bolg'an qosımsha tezlikler (ekinshi bag'ana) ha'm planetalarg'a ushıw ushın teoriyalıq esaplawlar menen tabılğ'an minimal start tezliklerinin' shamaları keltirilgen.

Q/c	Planetalar	Qosımsha tezlik, v_q , km/s	Minimal teoriyalıq tezlik, v_{min} , km/s
1	Merkuriy	-7,53	13,49
2	Venera	-2,49	11,46
3	Mars	2,94	11,57
4	Yupiter	8,79	14,22
5	Saturn	10,29	15,19
6	Uran	11,27	15,88
7	Neptun	11,64	16,14

Endi belgili bir planetag'a Gomon orbitası boyınsha kosmos apparatının' startın onın' qanday konfiguratsiyalıq halı (Jerde ha'm Quyashqa salıstırg'andag'ı halı) payıtında beriw lazımlıg'ın anıqlayıq. Ma'lim, Gomon orbitası bul fokusında Quyash jatqan ellipsti xarakterleydi. Sonın' ushın Keplerdin' III nızamına sa'ykes kosmos apparatının' Yupiterge ushıp barıw waqıtı (t) bul ellips boyınsha onın' aylanıw da'wirinin' (T) yarımına ten' boladı, yag'nıy

$$t = \frac{T}{2}.$$

T nı Keplerdin' u'shinshi nızamının' an'latpasınan tabamız (on' ta'reptegi an'latpa Jer ushın):

$$\frac{a^3}{T^2} = 1,0 \frac{(1 \text{ a.b.})^3}{(1 \text{ jıl})^2}.$$

Bul jerde a - Gomon orbitasının' u'lken yarım ko'sherin (astronomiyalıq birliklerde), T bolsa kosmos apparatının' bul orbita boyınsha aylanıw waqıtın (jıllarda) ta'ripleydi. Bul jag'dayda ushıw waqıtı:

$$t = \frac{T}{2} = \frac{\sqrt{a^3}}{2} = \frac{\sqrt{(1+5,2)^3}}{2} = \frac{\sqrt{3,1^3}}{2} = \frac{3,1 \cdot 1,76}{2} = 2,73 \text{ jıl} = 996,8 \text{ sutka}.$$

Bunnan kosmos apparatı gomon orbitasının' apogeyinde Yupiter menen ushırasıwı ushin Yupiter 0,0831 grad/sutka mu'yeshlik tezligi menen t waqıtı ishinde $\theta = 0,0831^\circ \cdot 996,8 = 82,8^\circ$ mu'yeshlik aralıg'ın o'tiwidin' za'ru'rılgı anıq boladı. Sonlıqtan kosmos apparatı Jerden ko'terilip atırğ'an payıtta Yupiter Jerden geliooraylıq mu'yesh shamasında to'mendegidey shamada aldında bolıwı kerekligi tabıladı:

$$\gamma = 180^\circ - 82,8^\circ = 97,2^\circ.$$

Jerdin' mu'yeshlik tezligi Yupiterdin' mu'yeshlik tezliginen bir qansha artıq bolıp, Yupiterdi ha'r sutkada

$$\Delta\gamma = 0,9856 - 0,0831 = 0^\circ,9025$$

mu'yesh u'lkenligindeki shama menen quwıp barıp, start mu'ddeti Yupiterdin' Quyash penen qosılıwınan

$$\Delta t = 97^\circ,2 : 0^\circ,9025 = 107,7 \text{ sutka}$$

aldın beriliwinin' lazım ekenligi joqarıdag'ı esaplawlardan anıq ko'rinedi. Yupiterdin' Quyashqa salıstırğ'anda belgili bir halı (qarama-qarsı turıwı yamasa qosılıwı) planetanın' sinodlıq da'wiri menen qaytalanıp turıwın itibarg'a alsaq, Yupiterge optimal Gomon traektoriyası boyınsha ushıw ushin qolay moment. Tap usı sinodlıq da'wir menen qaytalanıp turıwı an'latıladı.

PLANETALAR HA'M OLARDIN' JOLDASLARI

Merkuriy

Quyash sistemasing'ı tog'ız planeta ishinde Quyashqa en' jaqını Merkuriy bolıp, a'yyemgi waqıtları onı arablar Utorud dep atag'an. Utorudtin' orbitası basqa planetalardıń orbitasınan pari qılıp, sozılğ'an ellips ta'rizli. Sonın' ushın da bul planetanın' Quyashtan uzaqlıg'ı 0,31 dan 0,47 astronomiyalıq birlikke shekem o'zgerip turadı. Planetanın' Quyashtan ortasha uzaqlıg'ı 58 million kilometrdi quraydı. Merkuriydin' diametri 4880 kilometr bolıp, onın' betinde tartıw ku'shi Jerdegiden 2,6 ese kem. Basqasha aytqanda, awırlıg'ı Jerde 80 kilogramm bolğ'an adam Merkuriyde tek bolğ'anı 30 kilogramm shıg'adı.

Merkuriy o'z orbitası boyınsha sekundına ortasha 48 kilometr tezlik penen qozg'alıp, Quyash a'tırıpın 88 sutkada tolıq aylanıp shıg'adı.

Merkuriy betinin' ku'ndizgi ortasha temperaturası +345 gradusqa shekem (TSelsiya shkalasında) ko'terilgen halda, tu'nde bolsa -180 gradusqa shekem to'menleydi. Biraq sonı da aytıw kerek, planeta betinin' mayda toprag'ı jıllılıqtı jaman o'tkizetug'ınlıg'ına baylanıslı bir neshe on santimetr teren'liktegi temperatura betinin' temperaturasınan keskin pari qılıp, +70...+90 °C nı quraydı ha'm ju'da' a'stelik penen o'zgeredi. Bul teoriyalıq mag'lıwmat keyinirek radioastronomiyalıq baqlawlar tiykarında tolıq tastıyıqlandı.

Merkuriydin' betin jaqınnan ko'riwge planetalar aralıq avtomat stantsiya «Mariner-10» g'a (AQSh) mu'mkinshilik boldı. 1973- jıldın' aqırlarında planetag'a qaray jol alg'an bul stantsiya 1974-jıldın' 21-sentyabrinde Merkuriydan 47 mın' 981 kilometr qashıqlıqtan o'tip baratırğ'anda planeta betinin' 500 ge jaqın sapalı su'wretin tu'sirdi. Bul su'wretler planeta o'zinin' «betinin' du'zilisi» boyınsha Ayg'a ju'da' uqsas ekenligin ko'rsetti. Ay betindegi sıyaqlı Merkuriy beti de meteoritlardın' urılıwınan payda bolğ'an ha'r qıylı u'lkenliktegi kraterler menen qaplang'an. «Mariner-10» tu'sirgen planeta su'wretlerinen sonday jag'day ko'rinip turıptı (su'wretler).

Qızıg'ı sonnan ibarat, kraterterler Merkuriyde ju'da' ko'p bolsa da, teren'likleri boyınsha olar Aydag'ı kraterlerden keyin qaladı. Biraq baqlang'an planeta kraterleri olardı orap turıwshı biyiklik ha'm oraylıq tawshalarına qarag'anda Ay kraterlerin esletedi. Planeta ju'zindegi bul «gedir-budır» lıq onın' o'mirine o'zine ta'n «ku'ndelik» bolıp, Merkuriy betinin' qa'liplesiw tariyxınan derek beredi. Sonday-aq, planeta kraterlerinin' ayırımları Aydag'ı bazı bir kraterler sıyaqlı radial bag'darda sozılğ'an jaqtılı nur sistemaları menen oralğ'an.

Merkuriyde baqlang'an ayırım ob'ektlerdin' ya Ayda yaki qon'sı planetalarda baqlanbaytug'ınlıg'ı adam dıqqatın o'zine tartadı. Olardın' biri - *eskarplar* dep atalıwshı biyiklikler bolıp, olardın' biyikligi 23 kilometrge shekem jetedi. Biyikliklerden payda bolg'an bunday jarlardın' uzınlıg'ı bolsa bir neshe ju'z kilometrden bir neshe mın' kilometrge shekem baradı. Merkuriy betindegi jınıslardın' tıg'ızlıg'ı Aydag'ıday, yag'nıy $3,0-3,3 \text{ g/sm}^3$ bolıp, ortasha tıg'ızlıg'ı $5,44 \text{ g/sm}^3$ ekenligi onın' oraylıq bo'liminde temir yadrosı yamasa en' keminde silikat jınıslar u'lken basım astında metallıq halg'a o'tip atırg'anlıg'ı belgili.

AQSh tın' «Mariner-10» avtomat stantsiyası o'tken a'sirdin' 70- jıllarında-aq planetanın' siyrek atmosferasının' bar ekenligin anıqladı. Ma'lim, planetada atmosferanın' bolıw-bolmaslıg'ı talay usıllar menen anıqlanadı. Biraq bulardın' ishinde en' a'hmiyetlileri planetanın' betinde tartıw ku'shinin' u'lken-kishiligi ha'm temperatura en' a'hmiyetli ornlı iyeleydi. Temperaturanın' artıwına baylanıslı atmosferanı qurag'an molekula ha'm atomlardın' ta'rtipsiz jıllılıq qozg'alısları artadı. Aqıbetinde belgili bir tezlikke erisken hawa molekulları planetanı pu'tkilley taslap ketedi. Tap usı sebepten Jer ha'r sutkada 100 tonnag'a shekem vodorodınan «ayrıladı».

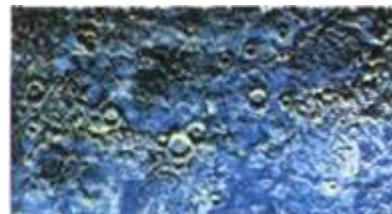
Kishi massalı Merkuriy (Jer massasının' 5,5 protsentine ten') betinin' sonshama joqarı temperaturag'a shekem qızıwı (ekvatorıda $+420^{\circ}\text{C}$ g'a shekem) planeta atmosferasının' tiykgarg'ı bo'liminin' onı taslap ketiwine sebep bolg'an dep qaraladı.

Planeta atmosferası tiykarınan geliyden quralg'an bolıp, basımı Jer betinde bul gaz bere-tug'ın basımnan 200 milliard ese kishi boladı. Planeta betindegi barlıq gazlerdin' basımı bolsa Jerdegiden yarım million ese kem. Biraq Merkuriy betinde alımlar ku'tken basqa bir gaz - karbonat angidridi «Mariner-10» alg'an su'wretlerde o'zinin' «qarasın ko'rsetpey», astronomlardı hayran qaldırdı.

1975-jıldın' 16-martında «Mariner-10» nın' Merkuriydin' qasınan u'shinshi ret o'tiwi planetanın' magnit maydanının' bar ekenligin anıqlawg'a imkaniyat berdi. Bul jag'dayda avtomat stantsiya planeta betinen tek g'ana 320 kilometr g'ana keletug'ın biyiklikten o'tti ha'm onın' ekvator rayonında 3,5 eersted, polyuslarında bolsa 7 estedli maydan kernewliligin o'lishedi. Sonın' menen birge magnit ko'sheri ha'm Merkuriydin' aylanıw ko'sheri arasındag'ı mu'yeshtin' 7 gradusqa ten' ekenligi anıqlandı.



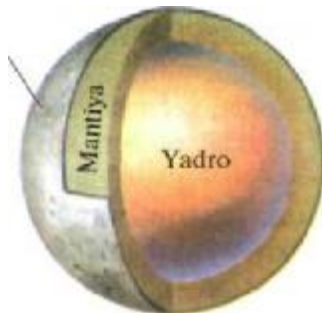
Merkuriydin' beti («Mariner-10» kosmos apparatı tu'sirgen).



Merkuriy betinin' relefi.

Merkuriyge jaqın «tuwısqan» Ay topırag'ında mikroorganizmlerdin' joqlıg'ı, klimat sharayatları boyınsha Aydag'idan da keskinligi menen parıq qılıwshı Merkuriyde tirishiliktin' bolıwı ushın sharayat joq dep tuwrı aytıwg'a imkaniyat beredi.

Merkuriydin' joldası joq.



Merkuriydin' ishki du'zilisi.

Venera

A'yyemgi rim mifologiyasida muhabbat qudayinin' atı menen atalatug'in bul planetanın' Quyashdan ortasha uzaqlig'ı 108 million kilometr. Venera (o'zbekshe atı Zuhra, karaqalpaqshası Sholpan) orbitası boyınsha sekundına 35 kilometr tezlik penen qozg'alıp, 225 sutkada Quyash a'tirapında bir ret toliq aylanıp u'lgeredi.

Jaqtılıg'ı boyınsha Quyash ha'm Aydan keyin turatug'in bul planeta ju'da' a'yyemnen beri adamlar dıqqatın o'zine tartıp, qozg'almaytug'in juldızlar fonında qozg'alatug'inlig'ı birinshi bolıp sezilgen «adasqan» jaqtırtqısh bolıp esaplanadı. Sonın' menen birge ol «Tan' juldızı» degen at alg'an.

1610- jilda G.Galiley o'zi soqqan teleskopta onı baqlap, Veneranın' da Ay sıyaqlı ha'r qıylı fazalarda bolatug'inlig'inın' gu'wası boldı. Bul qubılıs Veneranın' da Ay sıyaqlı sferalıq formadag'ı aspan denesi ekenliginin' da'slepki da'lili edi. Veneranın' u'lkenligi Jerdin' u'lkenliginen azmaz kishi bolıp, diametri 12 mn' 100 kilometrdi quraydı.

1761-jılı 6-iyunda astronomlar «Tan' juldızı» menen baylanışlı qızıq bir qubılıstın' gu'wası boldı: planetanın' qozg'alısı Quyash diskisinde proektsiyalanadı. Bunday qızıqlı qubılıstı baqlag'an rus alımı M.V.Lomonosov Veneranın' qalın' atmosfera menen qaplang'anlig'in anıqladı.

Planetanı kosmoslıq apparatlar ja'rdeminde izertlewler XX a'sirdin' 60-jıllarınan baslang'an jan'a metodlar Venerag'a tiyisli ko'p jumbaqlardı sheshiwge imkaniyat berdi. Na'tiyjede Veneranın' o'z ko'sheri a'tirapında ha'm Quyash a'tirapında haqıyqıy aylanıw da'wirleri anıqlandı.

Belgili bolg'anınday, planetanın' aylanıw ko'sheri onın' orbita tegisligine derlik tik jaylasıp (anıg'ı 93°), onda Jerdegidey jıl ma'wsimleri baqlanbaydı. Sonın' menen birge radiolokatsiyalıq baqlawlar Veneranın' o'z ko'sheri a'tirapındag'ı juldızlarg'a salıstırg'andag'ı aylanıw da'wirinin' 243 sutkag'a ten'ligin ha'm ol Quyash sistemasının' shag'ıstan batisqa qaray aylanıwshı (o'z ko'sheri a'tirapında) jalg'ız planetası eken-ligine derek beredi (basqa planetalar shıg'ıstan batisqa qaray aylanadı).

«Tan' juldızı» nin' bir sutkası, yag'nıy Quyashqa salıstırg'andag'ı o'z ko'sheri a'tirapında aylanıwının' da'wiri 117 Jer sutkasına ten' bolıp, bir jıl onın' eki sutkasınan sa'l kem shıg'adı.

Planeta atmosferasının' ximiyalıq quramı, basımı ha'm temperaturasına tiyisli anıq mag'lıwmatlar bul planetag'a «sayaxat» qılğ'an buring'ı Soyuz ha'm AQSh planetalar aralıq avtomat stantsiyaları ja'rdeminde alındı. Birinshi bolıp, 1961- jılı 12- fevralda, Venerag'a buring'ı Soyuzdın' «Venera-1» avtomat stantsiyası jol alıp, 97-ku'ni ol planetadan 100 mn' kilometr aralıqtan o'tti. Veneranın' Jerge jaqın kelgen hallarında og'an shekemgi aralıq 40 million kilometrden kem bolmaytug'inlig'in itibarg'a alsaq, «Venera-1» din' planetamız «qon'sısı» na qanshama jaqın barg'anlig'in ko'z aldığ'a keltiriw qıyın bolmaydı.

1967-jılı ushırılğ'an «Venera-4» stantsiyasında bolsa birinshi ret qondırılıwshı apparat iske tu'sirildi. Bul apparat planeta atmosferasının' 25 kilometrli qalın' qatlamın o'tiw payıtında planeta atmosferasına tiyisli mag'lıwmatlardı Jerge jetkerip turdı. Sonın' menen birge bul apparatqa ornatılğ'an magnitometr ja'rdemindegi o'tkerilgen o'lshewler Venerada magnit maydanının' derlik joqlıg'in anıqladı.

1970-jılı ushırılğ'an «Venera-7» nin' qonıwshı apparatı tabıs penen Veneranın' betine a'ste-aqırılıq penen qondırıldı ha'm 23 minut dawamında ol jerdegi atmosferanın' basımı, temperaturası ha'm quramına tiyisli mag'lıwmatlardı o'lshep turdı.

Ayrıqsha, 1975-jıl oktyabr ayında Venerag'a sayaxatqa jol alg'an «Venera-9» ha'm «Venera-10» lar planetanı u'yreniw tariyxında a'hmiyetli orın tutadı. Bul eki stantsiya planetanın' birinshi jasalma joldasları orbitalarına shıg'arılıp, olardıń qondırılıwshı apparatları planeta betinin' tikkeley alıng'an birinshi su'wretlerin Jerge uzattı (74-su'wret). Sonın' menen birge bul apparatlar planetanın' betinin' topırağ'ında ta'biyiy radioaktiv elementlerdin' mug'darın, samaldın' tezligin, atmosferadag'ı suw puwlarının' mug'darın, planeta betine tiyisli temperatura, basım ha'm jarıqlıqtı o'lsheidi.

1978- jılı bolsa «Tan' juldızı» na qaray «qonaqqa» to'rt avtomat stantsiya jolg'a shıqtı. Bulardan ekewi buring'ı Soyuzdın' «Venera-11» ha'm «Venera-12» stantsiyaları bolsa, qalg'an ekewi AQSh tın' «Pioner-Venera-1» ha'm «Pioner-Venera-2» stantsiyaları edi.

«Venera-11 ha'm 12» ha'm «Pioner-Venera-1 ha'm 2» stantsiyalardıń qondırılıwshı apparatlarına ornatılğ'an kompleks ilimiy apparatlar planeta atmosferasının' gaz ha'm bultlı komponentalarına tiyisli ximiyalıq quramın, planetanın' bultlı qatlamı strukturasını ha'm bo'lekshelerinin' kontsentratsiyaların anıqladı. Sonın' menen birge olar planeta temperaturası, basımı ha'm tıg'ızlıg'ın ha'm onın' bir neshe qa'ddilerine tiyisli samaldın' tezligin o'lshewge imkaniyat berdi. Veneranın' jasalma joldası bolıp qalg'an «Pioner-Venera-1» olarg'a qosımsha tu'rinde Venera atmosferasının' dinamikası, tsirkulyatsiyası, turbulentsligi ha'm jıllılıq balansına tiyisli mag'lıwmatlardı qolg'a kirgizdi.

Juwmaqlap aytqanda Venerag'a ushırılğ'an kosmoslıq apparatlar ja'rdeminde Venera atmosferası ha'm betine tiyisli to'mendegi jan'a mag'lıwmatlar qolg'a kiritildi: planeta atmosferasının' basımı ju'da' joqarı bolıp, alımlar hesh ku'tpegen shamanı - 90 atmosferanı ko'rsetti. Onın' 97 protsentin karbonat angidridi, 1 % a'tirapında suw puwları iyelep, kislorod bolsa tek 1,5% ti quraytuğ'ını ma'lim boldı. Planeta betinde o'lshegen temperatura +470 °C qa shekem jetti. Veneranın' atmosferasında da Jerdegi sıyaqlı ionosfera qatlamının' bar ekenligi anıqlandı. Ol ortasha 140 kilometr biyiklikke tuwrı keledi. Venera aspanında da qalın' bultlar baqlanıp, olardıń «ko'rinsinin'» samaldın' qolında ekenligi anıq boladı.

Veneranın' bultı du'zilisi boyınsha bir neshe kilometrden ko'riw mu'mkin bolg'an Jerdegi siyrek dumang'a ju'da' usaydı.

Arnawlı metodlar ja'rdeminde bultlarda nurlardıń shashırawın u'yreniw olar payda etken tamshılardıń tiykarınan sulfat kislotasınıń suwdag'ı 75-85 protsentli eritpesi degen juwmaqqa alıp keldi. Planeta betinen 40 kilometrge shekemgi biyiklikte samaldın' tezligi sekundına 100-140 metr boladı, al 10 kilometrge jaqın biyiklikte ol keskin kemeyip, 3-4 m/s ge tu'sip qaladı.

«Pioner-Venera-2» ge tiyisli qondırılıwshı apparat bergen mag'lıwmatlardıń analizi Venera betinin' bir biri menen ha'lsiz baylanısqaqan mayda topıraqtan turatug'ınlıg'ın, onın' tıg'ızlıg'ının' bir kub santimetrde 1 grammnan (betinde) 4 grammg'a shekem (shama menen 3 metr teren'likte) barıwın ko'rsetti.

Uzaq jıllar dawamında alımlardıń «basım qatırğ'an» planetanın' tiykarıg'ı «tilsimı» - onın' betine tiyisli joqarı temperatura boldı. Haqıyqatında da, Jerge salıstırğ'anda Quyashqa ju'da' jaqın bolmag'an ha'm qalın' atmosfera menen qaplang'an Venera betindegi temperaturanın' bunshama joqarı (+480 °C) bolıwının' sebebi nede, degen ta'biyiy soraw tuwıladı.

Ga'p sonnan ibarat, planetanın' qalın' atmosferası arqalı qısqa tolqınlı Quyash nurlanıwının' ju'da' kem mug'darı onın' betine jetip, onı qızdıradı. Na'tiyjede planeta beti infraqızıl diapazonda nurlana baslaydı. Bunday jıllılıq nurlanıwı planeta betin taslap, atmosfera arqalı kosmoslıq boslıqqa shıg'ıwğ'a umtıladı. Biraq CO₂ ge bay bunday atmosfera Venera betinin' kosmoslıq boslıqtı «go'zlegen» jıllılıq nurlanıwlarının' shıg'ıp ketiwine derlik jol bermeydi. Na'tiyjede «parnik effekt» dep atalıwshı bul effekt planeta betinin' qattı qızıwına alıp keledi.

1991-jılı Xalıq aralıq Astronomiyalıq Soyuzdın' (XAI) bas assambleyası Veneranın' 116 ta relefli elementine Jer ju'zine tanılg'an hayallardıń atın berdi. Maqtanıshlı jeri sonnan ibarat, bul

dizimde watanlasımız Nodirabegim atı da bar edi. Veneradag'ı kraterlerdin' biri onın' atı menen atalatug'ın boldı.

Venera boyınsha qolg'a kirgizilgen mag'lıwmatlar tiykarınan onın' ishki du'zilisi, sırtqı atmosfer qatlamı menen birgelikte alımlar ta'repinen 75-su'wrettegidey etip sa'wlelendiriledi.

Juwmaqlap sonı aytıw mu'mkin, son'g'ı jılları «Tan' juldızı» na tiyisli ko'p sanlı ashılıwlar ju'z bergen bolsada, biraq bul planetag'a baylanıslı ko'p jumbaqlar elege shekem o'zlerinin' she-shimlerin tabıw ushın gezek ku'tpekte.

Veneranın' ta'biyiy joldasları tabılmag'an .



Veneranın' "Venera-9" ha'm "Venera-10" kosmos apparatları ta'repinen aling'an su'wreti.



Veneranın' ishki du'zilisi.

Jer - planeta

Jer Quyashtan uzaqlıg'ı boyınsha u'shinshi orında turıwshı planeta bolıp, Jer tipindegi planetalar ishindegi en' irisi bolıp esaplanadı. Jer aspanda ju'da' shıraylı bolıp ko'rinetug'inlig'ı onın' Aydın' arg'ı ta'repinen aling'an su'wreti tolıq tastıyıqlaydı. Planetamızdın' ekvatorlıq radiusı 6378 kilometr. Jer Quyash a'tirapında sekundına shama menen 30 kilometr tezlik penen qozg'alıp, 365,24 sutkada onın' a'tirapın bir ret tolıq aylanıp shıg'adı. Planetamızda bir jıldı to'rt ma'wsimnin' baqlanıwı sebebi Jer ko'sheri orbita tegisligine 66,5° qıyalıq penen en'keygen.

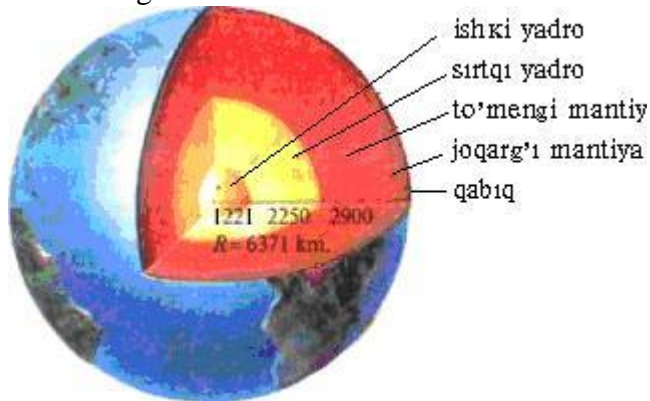
Jer o'z ko'sheri a'tirapında 23 saat 56 minut 4 sekundta bir ret tolıq aylanıp shıg'adı. Bul onın' haqıyqıy aylanıw da'wiri bolıp esaplanadı. Biraq onın' Quyashqa salıstırğ'anda ortasha aylanıw da'wiri biraz uzınraq bolıp, da'l 24 saattı quraydı. Planetamızdın' Quyashqa salıstırğ'anda aylanıw da'wirinin' uzınlıg'ı Quyashtın' juldızlar fonında jıllıq ko'riniw jıljıwına baylanıslı (bunday jıljıw Jerdin' Quyash a'tirapında haqıyqıy qozg'alısına baylanıslı payda boladı).

Jerdin' ortasha tıg'ızlıg'ı ha'r kub santimetrde 5,5 grammg'a ten' bolıp, massası shama menen $6 \cdot 10^{24}$ kilogramm. Planetamızdın' atmosferası mın'lag'an kilometr biyiklikke shekem sozılıp, awırlıg'ı shama menen 5 mın' 160 trillion tonna keledi! Bunday qalın' atmosfera Jerde tirishiliktin' payda bolıwı ha'm rawajlanıwında a'hmiyetli rol oynag'an. Mısalı 20-30 kilometr shamasındag'ı biyiklikte jaylasqan ozon qatlamı Quyashtın' qısqa tolqınlı ultrafiyol nurların ku'shli jutıp, barlıq tiri haywanlardı, sonın' ishinde adamzattı bunday nurlardın' qa'wipli ta'sirinen saqlaydı. Atmosferanın' 21 protsentine jaqını kislorod, shama menen 78 protsentin azot, qalg'an bo'limin bolsa basqa gazler: argon, karbonat angidridi ha'm suw puwları quraydı.

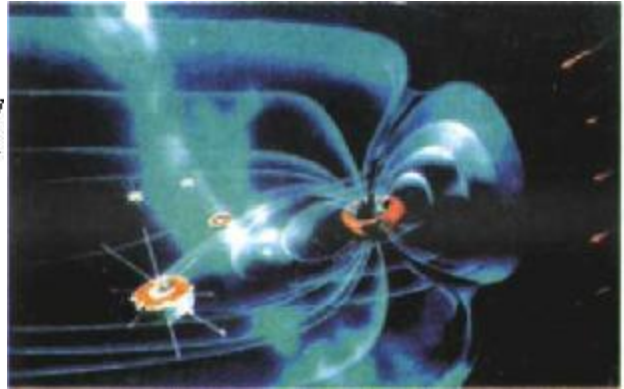


Jerdin' Ay betinde turıp aling'an su'wreti.

Jer *gidrosferasina* (Jer ju'zindegi qattı, suyuq ha'm gaz halındag'ı zatlardın' jıynag'ı) baylanışlı basqa planetalardan keskin parıq qıladı. Onda tek suyuq haldag'ı suwdın' ko'lemi 1 million 370 mın' trillion ($1,37 \cdot 10^{18}$) kub metr bolıp, ulıwmalıq maydanı 3 mın' 610 milliard kvadrat metrge ten'. Basqasha aytqanda, ol Jerdin' tolıq betinin' 71 protsentin quraydı. Qurg'aqlıqtın' ortasha biyikligi ten'iz betinen 875 metr, al du'nya okeanının' ortasha teren'ligi 3800 metrge shekem baradı.



Jerdin' ishki du'zilisi.



Jer magnitosferasının' strukturasi.

Suw o'zinin' a'jayıp qa'siyetlerine baylanışlı Jerde optimallıq jıllılıq rejiminin' ju'zege keliwinde a'hmiyetli rol oynaydı. Organikalıq tirishilik Jerde suwsız ju'zege kele almas edi. Suwdın' qattı bo'legi - muz da planetamızdın' bir qansha bo'limin iyelep, tiykarg'ı bo'limi Antarktida ha'm Grenlandiya qurg'aqlıqların qaplaydı. Onın' ulıwmalıq muz qatlamı erigen jag'dayda du'nya okeanının' qa'ddi 60 metrge ko'terilip, qurg'aqlıqtın' ja'ne 10 protsenti suw astında qalg'an bolar edi.

Jerdin' qattı qatlamı *litosfera* dep atalıp, bul bo'liminde planetamızdın' tiykarg'ı massası jaynalg'an. Biraq bir qarag'anda litosfera betinde turıp onın' ishki du'zilisi haqqında mag'lıwmatqa iye bolıw mu'mkin emestey bolıp ko'rınse de planetamızda Jer silkiniwlerdi izertlew tiykarında onın' ishki du'zilisi haqqında jetkilikli anıq mag'lıwmatlar alıng'an. Jer silkiniwleri payıtında Jerdin' betinin' ha'r qıylı noqatlarında olardı u'yreniw jolı menen shama menen 3000 km teren'likten ishkeri ta'repke qaray ko'ldenlenen' seysmologiyalıq tolıqlardıń tarqala almaslıg'ı ma'lim boldı. Ko'ldenlenen' tolıqlardıń suyuqlıqlarda tarqala almaslıg'ın bilgen halda alımlar Jerdin' bul teren'liginen ishki bo'liminde suyuq haldag'ı yadrosı bar degen juwmaqqa keldi. Son'g'ı izertlewler bul yadro tiykarınan eki - radiusı 1200 kilometrge shekem baratug'm ishki - qattı ha'm onın' u'stinde 2250 kilometrli qalın'lıqtag'ı suyuq bo'limlerden ibarat ekenligin ma'lim qıldı.

Bul usıllar ja'rdemindegi tekseriw jumısları litosferanın' qattı qatlamı da bir tekli bolmay, shama menen 40 kilometr teren'likte keskin shegara bar ekenligin ko'rsetti. Bul shegaralıq bet onı birinshi ret ashqan Yugoslaviyalıq alım atı menen Moxorovich beti dep ataladı. Bul betten joqarı qatlam *litosfera qabıg'ı*, to'mengi ta'repi bolsa *mantiya* dep ataladı.

Temperatura Jer orayına qaray artıp barıp, mantiyanın' to'mengi shegarasında Kelvin shkalası boyınsha 5000 gradusqa shekem, orayda bolsa shama menen 10000 gradusqa shekem jetedi.

Jer gigant magnit bolıp, onı kompas strelkasının' planetamızdın' magnit maydanı ku'sh sızıqlarına parallel turıwg'a umtılıwınan biliw mu'mkin. Qızıg'ı sonnan ibarat, geomagnit polyuslar geografiyalıq Jer polyusları menen bir noqatlarda emes. Arqa geomagnit polyustın' geografiyalıq ken'ligi $78^{\circ}5'$, uzınlıg'ı bolsa 290° shıg'ıs ta'reptegi uzınlıqtı quraydı. Basqasha aytqanda geomagnit ko'sher menen Jer ko'sheri arasındag'ı mu'yesh $11,5^{\circ}$. Geomagnit maydanının' kernewliligi ekvator dan polyusqa qaray 0,25-0,35 dan 0,6-0,7 E ke shekem artadı.

Jer a'tırapı ken'isligindegi geomagnit maydanı Jer magnitosferası dep ataladı. Bul sfera Jer ko'sherine salıstırg'anda simmetriyalıq bolmaydı. Magnitosfera Jerdin' ku'ndizgi ta'repte

«sig'ılg'an» halda bolıp, 8-14 Jer radiusı qashıqlıg'ına shekem sozilg'an tu'rde, tungi ta'repte planetamızdın' «magnit quyrig'ı» bir neshe ju'z min' kilometrge shekem soziladı.

Son'g'ı jılları planetamızdın' aspan denelerinin' ajıralmas bo'limi sıpatında aktiv tu'rde izer-tlenip atırg'anlıg'ına qaramay og'an tiyisli mashqalalar qon'sı planetalarg'a tiyisli mashqalalar-dan kem emes. Ayırıqsha, onın' ishki du'zilisi haqqındag'ı mag'lıwmatlarımız elege shekem ju'da' «ka'mbag'al» bolıp esaplanadı.

Biraq Jer «o'z qolımızda» bolıp, basqa aspan denelerin u'yreniwge salıstırg'anda onı izer-tlewge u'lken imkaniyatlarımız bar ekenligin esapqa alsaq, planetamız sırların qon'sı planetalar-dan bir qansha burın «ashıwg'a» u'lken u'mit penen qaraw mu'mkin.

Jerdin' a'tirapında onın' bir g'ana ta'biyiy joldası bolg'an Ay aylanadı.

Ay

Jerge en' jaqın aspan denesi Ay bolıp, ol planetamızdın' ta'biyiy joldası bolıp tabıladı. Aydın' Jer a'tirapındag'ı orbitası barlıq planetalardın' Quyash a'tirapında aylanıw orbitası sıyaqlı ellips. Usıg'an baylanışlı Aydın' Jerden uzaqlıg'ı biraz o'zgerip turadı. Ol Jerge en' jaqın kelgende 363400 kilometr, en' uzaqlasqanda (apogeyde) bolsa 405400 kilometr qashıqlıqta boladı. Aydın' diametri 3476 kilometr bolıp, onın' ko'lemi Jer ko'leminin' ju'zden eki bo'limin quraydı. Aydın' massası Jer massasınan 81 ese kem. Ay betinde tartıw ku'shi Jerdegiden 6 ese kem.

Onın' betinde erkin tu'siw tezleniwi $1,63 \text{ m/s}^2$. Aydın' ortasha tıg'ızlıg'ı $3,3 \text{ g/sm}^3$, yag'nıy Jerdegiden 1,5 ese kem. Ku'ndizgi tu's payıtında Aydın' ekvatorı a'tirapında temperatura $+120^\circ \text{ S}$, yarım tu'nde bolsa -150° C nı quraydı.



Ay Jerdin' ta'biyiy joldası.



Aydın' kraterleri menen ten'izleri.

Ayg'a tu'sken kosmonavt birinshi gezekte o'zin ju'da' jen'il sezedi. Bul Aydın' tartıw ku'shinin' kemliginen kelip shıg'adı. Kosmonavt o'z skafandrı menen Jerde 90 kilogramm bolsa, Ayda tek 15 kilogramm bolıp qaladı. Sonın' menen birge Ayda baqlawshı Jerde ko'rinbeytug'ın ko'p qubılıslardın' o'zgeshe a'jayıp ko'rinislerdin' gu'wası boladı. Da'slep Quyashtın' shıg'ıwı aldında Jerde baqlanatug'ın shıraylı kartina (tan'nın' atıwı) Ayda baqlanbaydı. Quyash ku'tilmegende birden gorizont astınan ko'terile baslaydı. Quyashtın' gorizonttan ko'teriliwi Jerdegidey ju'da' tezlik penen bolmastan, tolıq shıg'ıwg'a shekem bir saattay waqıt ketedi. Qızıg'ı ja'ne sonnan ibarat, Quyashtın' ko'terile baslawı menen aspanda juldızlar jog'almaydı. Dım qaran'g'ı aspanda Quyash penen birge pu'tkil ku'n boyı jaqtı juldızlar da jarqırıp tura beredi. Quyash a'tirapında qızıl ren'li onın' atmosferası («tajı») ko'rinedi. Proturberanetslar Quyash diski a'tirapında a'jayıp su'wretti payda etedi. Quyash o'zinin' «tajı» menen birgelikte a'dette ko'zge ko'rinetug'ın Quyashtan bir neshe ese u'lken halda ko'zge tu'sedi.

Ay aspanında juldızlardın', Quyash tajının' ko'riniwi ha'm sa'wlenin' ko'rinbeytug'ınlıg'ının' sebebi Ay betinde atmosferanın' joqlıg'ınan Quyash shıqqannan son' tu's bolg'ansha 7 sutka 9 saat waqıt ketedi. Bul waqıt ishinde temperatura bir qansha ko'terilip

qalg'an bolsa da Ayda «salqın» orındı tabıw qıyın emes. Bunın' ushın kraterler a'tirapın orap turıwshı tawlar, biyiklikler sayaları xızmet etedi. Bul sayalı orınlarda jetkilikli da'rejede salqın bolıwının' sebebi – ıssılıqtı tasıwshı hawa molekulaların' joq ekenliginde. Usıg'an baylanıslı Quıyash nurları tikkeley tu'speytug'ın orınlarda tu'nın' suwıqlıg'ı uzaq waqt saqlanıp qaladı. Ayg'a birge sayaxatqa shıqqan adam joldasın shaqırıp a'were bolmaydı. Sebebi ol hesh qanday sesti esitpeydi. Ses tolqınların tasıwshı ortalıq hawa molekulaları bolıp, Ayda bunday molekulalar joq. Bunın' ushın arnawlı radioperedatshiklerden paydalanıwg'a tuwrı keledi.

Ay aspanının' shıraylı qubılıslarının' ja'ne biri - planetamız Jerdin' Aydan ko'riniwi bolıp tabıladı (su'wretke qaran'ız). Ay aspanında Jer shıraylı, ko'kshil shar ta'rizli, Aydın' Jer aspandag'ı o'lsheplerinen to'rt ese u'lken bolıp ko'rinedi. Biraq Jerdin' yarımınan ko'pshiligi aq bultlar payda qılq'an daqlardan ibarat boladı. Jer kontinentleri biraz o'zgesheliklerge iye bolıp, okeanlardan ren'i menen pariqlıp turadı. Qalın' Jer atmosferası olardı bo'lek-bo'lek ko'riwge imkaniyat bermeydi. Jer de aspandag'ı Ay sıyaqlı ha'r qıylı fazalarda ko'rinedi. Bul hal onın' Quıyashqa salıstırğ'anda Aydın' qaysı ta'repte turg'anına baylanıslı boladı. Jer o'zinin' «tolıq Jer» fazasında bolğ'anda Ay betin tolıq Aydın' Jerdi jaqtırtqanlıg'ınan 40 ese ku'shlierek jaqtırtadı. Ay aspanda «tolıq Jer» baqlanatug'ın waqt Jerden qarag'anda, Aydın' jan'a Ay bolğ'an waqtına tuwrı keledi. Sonın' menen birge aspandag'ı Jer sharı a'tirapında kontsentrik qalqalar ta'rizli toq qızıl, sarı, ko'k ha'm basqa da ren'lerden ibarat shıraylı su'wret baqlanadı. Eger kosmonavt Ay tutılıp atırğ'an waqtta Ayda sayaxatta bolsa, onda ol Quıyashtın' tutılıwın baqlaydı (yag'niy Quıyashtın' Jer ta'repinen bekitilip atırğ'an boladı) ha'm bul tutılıwının' tolıq fazası Jerdegidey bir neshe minut g'ana dawam etpey, derlik 1,5 saatqa sozıladı.

Jerde A'lemnin' Arqa polyusı kishi jeti qaraqshı juldız toparının' en' jariq juldızına (alfasına) tuwrı kelse, Ay ushın polyus Aydarha juldız toparının' omega juldızına tuwrı keledi ha'm usıg'an baylanıslı Aydag'ı baqlawshı ushın barlıq juldızlar bul juldız a'tirapında shen'ber ta'rizli qozğ'alatug'ınday bolıp ko'rinedi (Aydın' o'z ko'sheri a'tirapında aylang'anlıg'ına baylanıslı). Ayda adasqan adamnın' awhalı da bir qansha mu'shkil boladı. Aydın' magnit maydanının' joqlıg'ına baylanıslı ol Jerde kompastan paydalanıwdın' keregi joq. Ayda tek aspandag'ı juldızlardın' turg'an orınlarına baylanıslı ha'r qıylı bag'darlardı anıqlaw mu'mkin boladı.

Tu'nde iz qaldırıp ushatug'ın ju'zlegen «juldızlardın' ag'ıp tu'siwi» de ol Ayda ko'rinbeydi. Jerde «juldızlardın' ag'ıp tu'siwi» nin' baqlanıwı aspan denelerinin' bo'lekshelerinin' Jerge tu'siw barısında atmosferada su'ykelistin' aqıbetinde janıp iz qaldırıw bolıp tabıladı. Ayda atmosferanın' joqlıg'ının' saldarınan ha'r qanday u'lkenliktegi denenin' Aydın' betine qızbay tu'siwin ta'miynleydi.

Ay relefinin' tiykarg'ı bo'limin kraterler quraydı. Biraq usı menen birge onda Jerdikine uq-sas ob'ektler de ko'plep tabıladı. Ayda da to'men oypatlıqlar, biyiklikler, tawlar bar (su'wrette berilgen). Bul ob'ektlerdi birinshi ret İtaliya alımı G.Galiley 1610-jılı o'zi soqqan teleskoptın' ja'rdeminde Aydı baqlap tapqan. Ol oypatlarg'a «ten'izler» dep at bergen. «Ten'izler» degen at sha'rtli ra'wishte ha'zirge shekem qollanılsa da, haqıyqatında Ayda suw joq.

Ay betinde de Jerdegi sıyaqlı vulkanlardın' atılıw qubılısları bolıp turıwın 1958-jılı rus alımı N.A.Kozirev anıqladı. Usı jılı alım Alfons kraterinen gazlerdin' atılıwın Qırım observatoriyasındag'ı teleskopta baqladı.

Aydag'ı tawlardın' en' irileri Alp, Apennin ha'm Kavkaz tawları dep at alg'an. Ayırım tawlardın' biyikligi 9 kilometrge shekem jetedi. Sonın' menen birge Ayda qalqa ta'rizli tawlar ko'plep ushıraydı. TSirk dep atalıwshı iri qalqa ta'rizli tawlardan Kladviy ha'm Shikkardlardın' diametrleri 200 kilometrge shekem jetedi. Jerdegi tawlardan parqı Ay tawları ko'birek tik ko'teriledi. Aydın' Jerge ko'rinbeytug'ın arg'ı ta'repinin' relefi birinshi ret 1959-jılı ushırılğ'an «Luna-3» avtomat stantsiyası ta'repinen alıng'an su'wretlerden belgili boldı ha'm Aydın' tolıq globusın du'ziwge imkaniyat berdi. Aydın' arg'ı ta'repinin' relefi de bizge ko'rinetug'ın betin-nin' relefinen biraz pariqlıp, oypatlıqlar kemirek baqlanadı.

Son'gı 15 jıl dawamında Aydı kosmoslıq apparatlar ja'rdeminde u'yreniw Aydı jaqınnan ko'riwge imkaniyat berdi. Kosmoslıq apparatlardan «Luna-16», «Luna-20» ha'm «Luna-24» Ay topırag'ınan u'lgiler alıp keldi.

Ayg'a jiberilgen «Luna-17» ha'm «Luna-21» eksperimentallıq laboratoriyalar Ayda sayaxat qıla alatug'ın «Lunoxod-1» ha'm «Lunoxod-2» apparatların jetkizdi. Bul laboratoriyalar Ayda bir neshe on kilometrlik aralıqlardı o'tıp, onın' relefi, topırag'ının' quramı, Ay silkiniw ha'm vulkan qubılısların, kosmoslıq nurlardı ha'm sol sıyaqlı ko'plegen qubılıslardı uzaq waqıt dawamında u'yrenip, qon'sımızdın' millionlag'an jıllar dawamında saqlag'an sırların ashıp berdi.

Aydan alıp kelinggen topıraq u'lgilerinin' analizi Ay topırag'ı tiykarınan to'rt qıylı jınıslardan, yag'niy mayda tu'yirtpe gewek jınıslardan, iri tu'yirtpe jınıslardan, brekshiya dep atalıwshı minerallar sınıqlarınan ha'm regolitann (mayda bo'leksheler ha'm shan') quralg'anın ko'rsetedi. Bulardın' birinshi u'sh tu'ri ximiyalıq quramı boyınsha birdey bolıp, regolitlardın' bolsa meteor zatlarlarınan' aralaspasınan ibaratlıg'ı anıqlandı ha'm ol Ay materikleri ushın xarakterli jınıs degen juwmaqqa kelindi.



«Apollon» kosmos korablinin' ekipajının' Ay betinde ju'riw payıtı.

1969-jıldın' iyun ayında AQSh tın' «Apollon-11» kosmoslıq apparatında eki astronawt - Armstrong ha'm Oldrin Ayg'a qondı. Olar Ay u'stinde uzaq sayaxatta bolıp, Jerge Ay beti tasların, topırag'ın, kristallardan ibarat qımbat bahalı «suvenirler» menen qayttı. XX a'sirdin' 60-70-jıllarında «Apollon»lar Ayg'a barlıg'ı bolıp 12 astronawttı tabıslı qondırıp, Jer joldasınan' relefi, fizikalıq ta'biyatına tiyisli qımbat mag'lıwmatlardı qolg'a kirgizdi.

«Tınıshlıq ten'izi» nen aling'an u'lgı («Apollon-11») quramı 40-45 protsent alyuminiy, 4-6 protsent titan ha'm magniyge iye bolıp shıqtı. Boranlar okeanınan aling'an u'lgı («Apollon-12») bolsa biraz basqasha bolıp, onda titan 2-3 ese kem, magniy, kobalt, vanadiy ha'm skandiy bolsa kerisinshe ko'birek bolıp shıqtı. Eger Jer menen Ay jınıslarınan' ximiyalıq quramı haqqında ga'p ju'ritilse, onda bul jınıslardan bir qansha g'ana pariqtı tabılardı. A'sirese Ay shan'ı dep atalg'an Ay beti qatlamı ta'biyatı boyınsha dıqqatqa miyasar. Onın' quramı kristall sınıqlarınan, temir-nikel aralaspalı da'nesheleden, bir tekli tınıq shiyshe sınıqların esletiwshi jınıslardan quralg'an bolıp, joqarı vakuum sharayatında jaylasqanlıqtan aytarlıqtay jabısqaqlıg'ı menen ayrılıp turadı.

Aydı u'yreniwdin' qanday paydası bar degen soraw tuwıladı. Aydı u'yreniwdin' ta'biyiy ilimler ushın a'hmiyeti - Ayda atmosferanın' joqlıg'ı bolıp tabılardı. Ayg'a ornatilg'an kishi teleskop Jerden u'lken teleskoplar ja'rdeminde aling'an aspan denelerinin' su'wretlerinen bir neshe ese sapalı fotomateriallardı alıwg'a imkaniyat beredi. Ayda qurılq'an ortasha u'lkenliktegi observatoriya bolsa Jerdegi onlag'an observatoriyalar xızmetin joqarı da'rejede atqara alıwı mu'mkin. Sonday-aq Jer atmosferası elektromagnit nurlarınan' az bo'limin g'ana o'tkizip, qalg'an u'lken bo'limi ushın mo'ldir emes. Ayda bolsa barlıq tolqın uzınlıqlarında kosmostı u'yreniwdin' tolıq imkaniyatı bar.

Kosmostan planetamız ta'repke keletug'ın ha'r qıylı tolqın uzınlıqlarındag'ı nurlardan basqa elementar bo'lekshelerdin' ag'ımı da u'zliksiz kelip turadı. Bul bo'lekshelerdin' derekleri partlanıwshı juldızlar, dumanlıqlar ha'm tiykarınan Quyashtag'ı aktiv qubılıslar bolıp tabılardı. Kosmoslıq nurlar dep atalıwshı bul bo'leksheler ag'ımı ha'r qıylı shamadag'ı energiyalarg'a iye bolıp, u'lken energiyalıları Jerdegi arnawlı laboratoriyalarda tezletilgen bo'leksheler menen arqayın «bellese aladı». Kosmoslıq nurlardın' Jer atmosferasında ko'plep jutılıp qalıwı olardı tolıq u'yreniwge imkaniyat bermeydi. Ay betinde turıp bolsa bul nurlardı arqayın u'yreniw mu'mkin. Olar fizikler ushın A'lem haqqında ko'p jan'alıqlar bere aladı.

Sonin' menen birge, Ayda qazılma baylıqlar, qımbat bahalı minerallar ha'm rudalardın' bar ekenligi onın' topraq u'lgilerin u'yreniwden ma'lim boldı.

Ha'zirgi da'wirde Aydın' kelip shıǵıwı haqqında belgili eki gipoteza bar. Bulardın' birine baylanışlı (avtorları: Yuri, Deibiger ha'm Alven) Ay Quyash a'tirapında Jerge jaqın qashıqlıqta aylanıwshı kishi planeta bolg'an ha'm waqıttın' o'tiwi menen Jerge jaqınlasıp, Jer ta'repinen «uslanıp» qalg'an. Na'tiyjede Ay Jerdin' ta'biyiy joldasına aylanǵ'an.

Ekinshi gipotezag'a sa'ykes (avtorları: B.İ.Levin basshılıǵ'ındag'ı topar) Ay Jer a'tirapında jıynalg'an shan'-tozan'lardın' bo'lekshelerinen Jerdin' massası ha'zirgi massasının' shama menen 0,3-0,5 bo'limin qurag'an da'wirlerde payda bolg'an. Bul gipotezag'a sa'ykes Aydın' «jası» Jerdin' jasınan 100-200 million jılǵ'a kemirek bolıwı ha'm bul jag'day ha'zirgi zamanda alıng'an mag'lıwmatlarga sa'ykes keliwi menen dıqqatqa ılayıq. Bul eki gipotezanın' qaysısına ko'birek «ma'ni beriw» ha'zirshe qıyın bolsa da, Aydın' ishki strukturasin ha'm jasın teren' u'yreniw jaqın keleshekte bul kosmogoniyalıq mashqalanı sheshiwge imkaniyat beredi dep u'mit qılıw mu'mkin.

Mars

Uris qudayı Mars atı menen atalatug'ın Jer tipindegi to'rtinshi bul planetanın' orbitası Jer orbitasınan sırtta jatadı. Onın' Quyashdan ortasha uzaqlıǵ'ı 228 million kilometr. Mars Quyash a'tirapında aylanıp, ha'r 780 sutkada Jerge jaqınlasıp turadı. Bunday jaqınlasıw *qarama-qarsı turıw* dep ataladı. Mars orbitası ellips ta'rizli bolg'anlıqtan, qarama-qarsı turıw payıtında ol Jerge en' jaqın kelgende (ullı qarama-qarsı turıw payıtında), onnan bizge shekemgi aralıq 56 mln km di quraydı. Planetanın' ullı qarama-qarsı turıwı ha'r 15-17 jılı baqlanıp, en' son'g'ısı 1988-jılı bolg'an edi.

Mars salıstırmalı kishi planeta. Onın' diametri 6775 kilometr, massası bolsa $6,44 \cdot 10^{23}$ kg (Jer massasının' 0,107 bo'limin quraydı). Ortasha tıǵ'ızlıǵ'ı da Jerdin' ortasha tıǵ'ızlıǵ'ına qarag'anda bir qansha kem - $3,94 \text{ g/sm}^3$. Erkin tu'siw tezleniwi $3,72 \text{ m/s}^2$.

«Uris qudayı» o'zinin' fizikalıq ta'biyatı boyınsha Quyash sistemasının' planetaları ishinde Jerge «ag'ayın» ligi menen ayrılıp turadı. Marstın' sutkası Jer sutkasınan azmaz pariǵ qılıp, 24 saat 39,5 minutqa ten'. Sonın' menen birge planetada jıl ma'wsimlerinin' orın alıwın ta'miyinlewshi sebep, yag'nıy onın' aylanıw ko'sherinin' orbita tegisligine qıyalıǵ'ı da Jerdiki-nen az pariǵ qılıp, $65^{\circ}12'$ qa ten'. Biraq Mars jılının' uzınlıǵ'ı bizikinen bir qansha artıq bolıp 687 Jer sutkasına (yaki 669 Mars sutkasına) ten'. Planetanın' 35° ken'liginde gu'z ma'wsiminde tu's payıtındag'ı temperatura -20°C , keshqurın -40°C , tu'nde bolsa -70°C g'a to'men tu'sedi. Qıstın' ku'nleri 40° lı ken'likte temperatura -50°C dan, 60° lı ken'likte bolsa $-(80-90)^{\circ}\text{C}$ dan artpaydı. Mars betinin' minimallıq temperaturası onın' polyuslarında baqlanıp, ol qısta -125°C dan to'menge tu'speydi.

Marstın' atmosferası ju'da' siyrek bolıp, betinde ortasha basım 6,1 millibar (1 bar shama menen 1 atmosfera), yag'nıy ten'iz qa'ddindegi Jerdin' atmosfera basımınan shama menen 160 ese siyrek. Planetag'a tiyisli anıq mag'lıwmatlar «Mars», «Mariner» ha'm «Viking» (AQSh) ti-pindegi planetalar aralıq avtomat stantsiyalar ja'rdeminde alındı. Belgili bolıwınsha, Mars atmosferasının' 95 protsenti karbonat angidridi, 2,5 protsenti azot, 1,5-2,0 protsenti argonnan ha'm az mug'dardag'ı kislorod (0,2%) ha'm suw puwınan (0,1%) quralg'an.

Arnawlı metodlar ja'rdeminde Marstın' «polyus qalpaqları» ın u'yreniw bul qalpaqlardın' muz halındag'ı karbonat angidridi ekeninin ma'lim qıldı. Keyinirek kosmoslıq apparatlar Mars polyuslarındag'ı temperaturanın' karbonat angidridnin' (6,1 bar basımda) kondensatsiyalanıw temperaturasına (-125°C) jaqın ekenligin anıqlaw menen joqarıdag'ı mag'lıwmattı tastıyıqladı.

Planeta atmosferasının' quramı anıqlang'annan keyin «polyus qalpaqları» nın' planeta atmosferası fizikasındag'ı rolinin' u'lken ekenligi ma'lim boldı. Ba'ha'rde «polyus qalpaq» larının' ku'shli eriwı ha'm puwlanıwı sebebinen polyus to'besindegi atmosferag'a og'ada ko'p mug'darda karbonat angidridi kirip, basımın' keskin artıwına alıp keledi. Aqibetinde ku'shli samal ju'zege kelip, ol ju'da' az massanı tu'slik yarım sharg'a alıp shıǵadı. Biraq bul jag'dayda

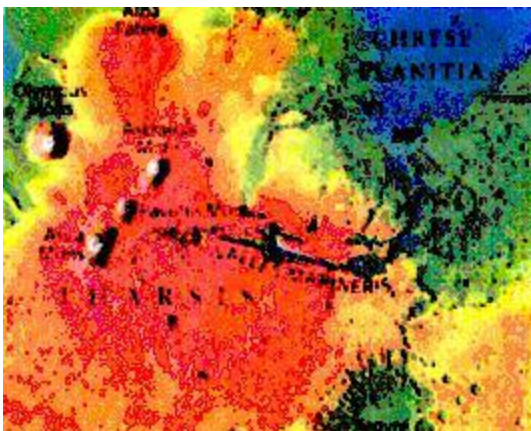
samaldın' tezligi sekundına ortasha 10 metrdir qurasa da, ma'wsimlik o'zgerisler menen baylanisli bolg'an protsessler tezligi ayırım jag'daylarda sekundına 70-100 metrge shekem baratug'ın ku'shli samaldı payda etedi. Bunday samal ta'sirinde ju'zlegen million tonna planeta shan'ı atmosferag'a ko'teriledi. 1971-jılı planetada tap usınday boran ko'terilip Marstın' betin shan' bizden tosıp qoydı. Bul da'wirde ko'terilgen ha'm pu'tin planeta diskisin qaplag'an qızg'ish shan' bultları ha'tte onın' «polyus qalpaq»ların da ko'riwge imkaniyat bermedi. 1971-jıldın' dekabr ayında buring'ı Soyuzdın' «Mars-3» ha'm AQSh tın' «Mariner-9» kosmoslıq apparatları boran en' ku'sheygen payıtta planetanın' ko'rinislerin o'z ishine alatug'ın su'wretlerdi aldı. 1976-jılı planeta betine qong'an AQSh tın' «Viking-1, 2» apparatları tu'sirgen Marstın' su'wretlerinde de boranlardı Marstın' tez-tezden basman keshirip turatug'ınılıg'ı ko'rinip turadı.

Marstın' rel'efi bir birinen keskin parıqlanıwshı du'zilislerden ibarat bolıp, olardıń ishinde aytarlıqtay u'ken maydanlı kraterler iyeleydi. Kraterler iyelegen orınlar arqada ekvator dan 40 graduslı ken'liklerge shekem jetken halda, tu'slikte bolsa ekvator dan 80 graduslı ken'liklerge shekem jayıladı.

Marstın' 20 dan 55 gradusqa shekemgi arqa ken'likleri arasınan orın alg'an ha'm shama menen 2000 kilometrge sozilg'an Ellada oypatlıg'ında «Viking» stantsiyasınan aling'an su'wretlerden ko'ringendey bul zonanın' kraterlerden turatug'ınılıg'ı ha'm olardıń a'tirapına salıstırmalı bir qansha sho'kken oypatlıq ekenligi anıqlandı. Tu'slik yarım shardag'ı basqa bir u'ken maydanlı oypatlıq Argir dep ataladı (su'wret). Argirdag'ı arqa-shig'ıs ta'repte u'ken vulkanlı taw – Tarsis jaylasadı. Onın' artındag'ı arqa yarım sharda belgili Amazoniya ha'm Utopiya oypatlıqları jaylasqan. 50-parallelden 70 graduslı parallelge shekem U'ken sahra jaylasıp, ol arqa polyustı orap turıwshı taw qalqası menen shegaralanadı.

Mars rel'efinin' tiykarg'ı a'jayıp o'zgesheliklerinin' biri planeta tawları bolıp tabıladı. Planetanın' Tarsis rayonında to'rt konus ta'rizli taw ko'kke boy sozadı. Bul tawlar vulkanlı protsessler ta'sirinde payda bolg'an tawlar bolıp, olardan en' tu'slikte jaylasqan Arziya tawı tiykarının' diametri 130 kilometrdir quraydı. Bul tawlar ishindegi en' u'keni Olimp tawı bolıp, ol Jerdegi vulkanlı tawlardan bir neshe ese u'stinlik qıladı. Olimp tawı konusı tiykarının' diametri 600 kilometrge, biyikligi bolsa 27 kilometrge baradı (Jerdegi en' iri tawdın' biyikligi 9 kilometr, en' iri vulkan tawı tiykarının' diametri bolsa 250 kilometrden artpaydı).

Qalg'an vulkanlı tawlar Olımpın' biyikliginen keyin qalsa da, biraq olardı biyikligi 15 kilometr bolg'an shan' bultlardan ko'rinip turıwı (1971-jıl «Mariner-9» dan aling'an su'wretlerde), bul tawlardın' biyiklikleri de 15-20 kilometrden kem emes ekenligin ko'rsetedi. Ha'r to'rtinshi tawda vulkannın' toqtag'anına ju'zlegen million jıl o'tken dep boljap ayıladı. Olimp tawı to'besindegi kraterdin' diametri 70 kilometrge shekem barıp, biyik qarıq penen shegaralang'an. Bir waqıtlar bul vulkannan atılg'an lava suyıq bolıp, ju'da' uzaq aralıqlarg'a shekem ag'ıp barg'an.



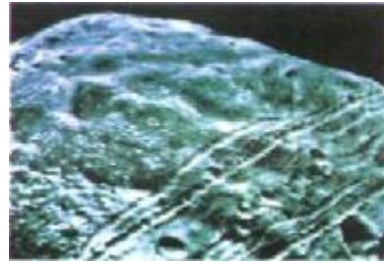
Marstın' Ellada, Tarsis ha'm Argir oypatlıqlarındag'ı oazislerdin' ko'rinisi.



Marstın' Nirgal dep atalg'an da'ryasının' su'wreti (uzınılıg'ı 400 km dan artıq).



Mars betinin' «Viking-1» (AQSH) stantsiyası ta'repinen aling'an su'wreti.



Marstın' Fobos dep atalıwshı joldası (o'lishemi 18x22 km).

Mars rel'efinin' en' qızıq ob'ektlerinin' biri uzınlıg'ı bir neshe ju'z kilometrge shekem sozılğ'an jarlıqlar bolıp tabıladı. Arziya tawınan 20 gradus shıg'ısta bunday jarlıqlardıń biri jaylasıp, onın' uzınlıg'ı 400 kilometrge shekem, ken'ligi ayırım orınlarda 30 kilometrge shekem, teren'ligi bolsa 2 kilometrge shekem jetedi.

«Qızıl planeta» betinde baqlanatug'ın basqa bir «tilsım» - da'rya an'g'arları bolıp tabıladı. Olar ishinde 30 graduslar shamasındag'ı tu'slik ken'likte jaylasqan Nirgal dep atalğ'an da'rya an'g'arı 400 kilometrge sozılğ'an bolıp, Marstın' a'yyemgi da'ryalarınan bolıp esaplanadı (su'wrette ko'rsetilgen). Nirgal da'ryasının' a'yyemgi waqıtları ju'da' u'ken ten'izge quyğ'anlıg'ı «Mariner-9» alg'an su'wretlerde anıq ko'rinedi. Sonın' menen birge uzınlıg'ı 700 kilometrge shekem baratug'ın basqa bir da'rya an'g'arı Madimnin' ayırım orınlarındag'ı ken'ligi 80 kilometrge shekem jetedi. Bul da'rya an'g'arları boyınsha ha'zirgi waqıtları hesh qanday suyıqlıqtın' aqpaytug'ınlıg'ı anıq. Bunday bolsa bul da'rya an'g'arları ne sebepli payda bolğ'an degen soraw tuwıladı. Bul sorawg'a juwap beriw bir neshe jıllar dawamında orın alg'an uzaq diskussiyalarg'a sebep boldı. Planetanın' qurıg'an da'ryaları haqqında gipotezalar tuwılıp, jıldan jılğ'a ko'birek tastıyıq tawıp atırğ'an gipoteza a'yyemgi waqıtları da'rya an'g'arları boyınsha suw ag'ıp turg'an degen gipoteza bolıp tabıladı.

Jerdin' «jan qon'sısı» nda tirishilikтин' bar yamasa joqlıg'ı ma'selesi uzaq jıllardan beri alımlardı qızıqtırıp keldi. 1975-jılı tiykarg'ı maqseti Marsta tirishilikтин' bar yamasa joqlıg'ın anıqlawg'a qaratılğ'an ha'm ha'r birinin' massası u'sh yarım tonnadan keletug'ın AQSh tın' «Viking-1» ha'm «Viking-2» kosmoslıq apparatları «Urıs qudayı» na qaray jolğ'a shıqtı. «Viking-1» 350 million kilometr shamasındag'ı aralıqtı artında qaldırıp, 1976-jıldın' 20-iyulında Xris tegisligine, «Viking-2» bolsa 4 sentyabrde bul orınnan 6400 kilometr arqa-shıg'ıs ta'repte jaylasqan Utopiya tegisligine qondırıldı. «Viking-1» qong'an «qızıl planeta» beti jumsaqlıg'ı boyınsha Jerden parıq qılıp, a'tırap ko'rinslerin Jerge uzattı. Su'wretlerde ha'r qıylı u'kenliktegi ha'r qıylı taslar ha'm topıraq barxanları birden ko'zge taslanadı. Bunday barxanlardın' payda bolıwında da boranlardın' sebebinen ekenligi anıq ko'rinip turıptı (84-su'wret). «Viking-1» qong'annan son' ko'p o'tpey Jerge to'mendegidey meteorologiyalıq mag'lıwmattı jiberdi: kesh qurın shıg'ıs ta'repten esken ku'shsiz samal yarım tu'nnen son' tu'slik-shıg'ıs ta'repten esken samal menen alması, onın' maksimal tezligi sekundına 6-7 metrge jetti, basım 7,7 millibarg'a ten' bolıp, erte tan'da temperatura -85,5 °C tı, ku'ndiz bolsa -30°C boldı. Jerge uzatılğ'an su'wretlerden ayırım kraterlerdin' u'stinen ha'm jariqlarınan duman bultının' ko'terip atırğ'anlıg'ı belgili boldı. Bunday dumanlardın' tiykarınan suw puwlarınan turatug'ınlıg'ın anıqladı. Usı fakt «qızıl planeta» nın' bawırında jetkilikli suw dereklerinin' (muz haldag'ı) bar ekenligi haqqındag'ı gipotezanın' durısılg'ı ushın ja'ne bir da'lil boldı.

Marstın' betinin' topırag'ı u'lgisinin' analizi onın' quramında temir (12-15% qa shekem), kremniy (20% qa shekem), alyuminiy (2-4% qa shekem), kaltsiy (3-5% qa shekem), magniy (5% qa shekem), altı gu'kirt (3% qa shekem) ha'm az mug'darda fosfor, rubidiy ha'm strontsiylardıń bar ekenligin ko'rsetti.

Da'slepki zatlar almasıwına tiykarlang'an biologiyalıq eksperimentler Mars topırag'ı quramında mikroorganizmlerdin' bar ekenligin tastıyıqlap, karbonat angidridinin' intensivli tu'rde ajralıp shıg'ıp atırğ'anlıg'ın ko'rsetti. Biraq ko'p waqt o'tpey ajralıp atırğ'an gaz mug'darı keskin kemeye basladı. U'sh sutka o'tkennen keyin, bul ta'jiriybe qaytalang'anda tap

sonday qubılıs qaytadan ko'rindi. Biraq ekinshi eksperiment ushin mo'lsheirlengen a'sbaplarda assimilyatsiyag'a tiykarlang'an ta'jiriybe de planetada mikroorganizmlar bar degen juwmaqqa kelgen bolsa da, biraq u'shinshi eksperiment na'tiyjesi bul ma'selede alımlar pikirın o'zgertip jiberdi. Basqasha aytqanda u'shinshi gaz almasıwıg'a tiykarlang'an eksperimentte de, 1- eksperimenttegi sıyaqlı, da'slep, kislorodtıń ajırılıwı ku'tilgeninen 15-20 ese intensiv boldı. Biraq ko'p o'tpey gaz almasıwının intensivligi nolge shekem pa'seydi. Na'tiyjede alımlar «urıs qudayı» nda tirishiliktin' en' a'piwayı tu'rleri - mikroorga-nizmlar bar degen qararg'a keliwleri ushin ilimiy tiykarǵa iye bola almadı.

Marstın' eki ta'biyiy joldası bar. Olardan biri Fobos (Qorqınısh), ekinshisi bolsa Deymos (ol da qorqınısh) dep ataladı. Bul eki joldastın' ekewi de 1877-jılı avgust ayında amerikalıq astronom A.Xoll ta'repinen tabıldı. Qızıǵ'ı sonnan ibarat, sol joldaslardıń ekewi de shar ta'rizli bolmay, kartoshka formasın esletedi. Fobostın' eki o'z-ara perpendikulyar o'lsheimleri, sa'ykes ra'wishte, 18 ha'm 22 kilometr bolıp (85-su'wret), Deymostın' sonday o'lsheimleri 10 ha'm 16 kilometrdi quraydı. Fobos Marstan ortasha 6 mın' kilometr qashıqlıqta onın' a'tırapında 7 saat 30 minutta aylanıp shıǵ'adı, al Deymos 30 saat 18 minutta aylanıp shıǵ'adı. Jer a'tırapında aylanatug'ın Aydan parqı, Marstın' og'an jaqın «Ayı» Fobos batıstan shıǵ'ıp shıǵ'ısta batadı. Qızıǵ'ı ja'ne sonnan ibarat, bir sutkada Fobos ku'n batıs ta'repte 3 ret shıǵ'ıp, ku'n shıǵ'ıs ta'repte 3 ret batadı.

Fobostın' ortasha tıǵ'ızlıǵ'ı $1,8 \text{ g/sm}^3$ bolıp, massası $8 \cdot 10^{12}$ (8 trillion) tonna keledi. Jerde 60 kg shıǵ'atug'ın adam ol jerde tek 30 gramm g'ana salmaqqa iye boladı. Biraq sog'an qaramastan Fobosta ju'riw an'sat bolmas edi: Jerde 2,5 m biyiklikke sekire alatug'ın sportshı bir sekirip Fobostı pu'tkilley taslap kete aladı.

Fobos ha'm Deymos «qızıl planeta» menen birge «tuwılǵ'an» dep aytıwıg'a hesh qanday tiykar joq. Planetanın' bul eki «Ayı» Marstan uzaq bolmag'an mayda planetalar orbitasınan adasıp shıǵ'ıp, bir neshe onlag'an million jıllar burın «urıs qudayı» nın' ta'sirine dus kelgen ha'm ol menen «jipsiz baylanısqa» aspan deneleri bolıp tabıladı. En' keminde bul eki ta'biyiy joldastın' «qızıl planeta» a'tırapında payda bolıwın gipoteza solay tu'sindiredi.

Yupiter

Quyash sistemasının' planetaları ishinde en' irisi bolıp esaplang'an Yupiter ta'biyatı ha'm du'zilisi boyınsha jumbaqlarg'a bay ekenligi menen astronomlar dıqqatın o'zine tartadı. Yupiterdin' ortasha radiusı Jer radiusınan shama menen 11 ese u'lken bolıp, 69 mın' 150 kilometr ge ten'. Bul u'lken planeta Quyash a'tırapın ortasha 778 million kilometrli qashıqlıqta aylanadı. Planetanın' Quyash a'tırapındag'ı aylanıw tezligi sekundına 13 kilometr bolıp, 12 jıl da bir ret aylanıp shıǵ'adı. Basqasha aytqanda Jerdegi 60 jasar adam Yupiter jılı menen tek 5 jasqa tolǵ'an bolar edi. Qızıǵ'ı sonnan ibarat, Yupiterdin' o'z ko'sheri a'tırapında aylanıwı Jer tipindegi planetalardıń aylanıslarınan parıq qılıp, ekvator bo'limi tezirek - 9 saat 56 minutlı da'wir menen aylanadı. Planetanın' ha'r qıylı ken'liklerinin' ha'r qıylı mu'yeshlik tezlik penen aylanıwlarına sebep onın' du'zilisi boyınsha qattı bolmay, gaz-suyıq halındag'ı aspan denesi ekenliginde bolıp tabıladı. Bunın' u'stine onın' ko'ringen beti planeta atmosferasında «ju'zip» ju'riwshi bultlardan quralǵ'an.

Planetanın' tez aylanıwına baylanıslı ju'zege kelgen oraydan qashıwshı ku'sh ta'sirinde Yupiterdin' polyusları ta'repinde sezilerli qısılıw baqlanadı. Usının' na'tiyjesinde onın' ekvatorlıq diametri polyuslik diametrinen 9 mın' 300 kilometrge u'lken.

Yupiterdin' ko'lemi Jerdin' ko'lemine 1314 ese artıq. Biraq bul planetanın' tıǵ'ızlıǵ'ı Jertikin 3,5 ese kem bolsa da, u'lkenligine baylanıslı onın' massası Jer massasınan 318 ese artıq. Sonın' ushin Yupiterdin' tartıw ku'shi Jerdin' tartıw ku'shinen eki yarım ese artıq. Yag'nıy Jerde 60 kilogramm keletug'ın adamnıń awırılıǵ'ı Yupiterde 150 kilogrammnan artıq boladı. Bul u'lken planetag'a teleskop arqalı qarag'anda onın' betinde ha'r qıylı ob'ektler baqlanadı. Olar ishinde ta'biyatı ha'zirge shekem jumbaqlıǵ'ın saqlap kiyatırǵ'an ob'ektler - eni bir neshe mın'

kilometrge shekem jetetug'ın onin' ekvatorına parallel qara-qızg'ısh jolaqlar bolıp esaplanadı (86-su'wret).

Bul jolaqlar son'g'ı jılları aling'an na'tiyjelar tiykarında planeta atmosferasının' qalın' bultları dep tu'sindiriledi. Olar planetanın' parallelleri boyınsha bag'itlang'an bolıp, ekvatorg'a salıstırg'anda simmetriyalıq halda jaylasqan. Planeta bultlarının' bunday shınjırılı strukturası onin' 40 graduslı ken'ligine shekem barıp, ayırım hallarda diametri 1000 kilometrge shekem baratug'ın qon'ır yamasa ko'gis daqlardı payda etedi.

Yupiterdin' a'yyemgi «tilsim» larının' basqa biri 1878-jılı tabılğ'an uzınlıg'ı 80 mın', eni 13 mın' kilometrge sozilğ'an U'lken qızıl daq bolıp tabıladı (87-su'wret). Qızıg'ı sonnan ibarat, bul daq planetanın' bet detalları qatarında onin' sutkalıq aylanıwında qatnasıwı menen birge geyde bir ta'repke, geyde ekinshi ta'repke qaray bir neshe gradusqa shekem jılıyadı. Bunday jag'daydan U'lken qızıl daq planeta beti menen baylanıspag'an degen juwmaqqa alıp keldi. Rus alımı G.Golitsinnin' gipotezasına sa'ykes U'lken qızıl daq planeta atmosferasının' uzaq dawam etetugin gigant iyrimi bolıp tabıladı. Alımın' bul teoriyası keleshekte bir neshe usıllar menen tastıyıqlang'anlıg'ına baylanıslı itibarg'a miyasar gipoteza bolıp esaplanadı. AQSh tın' «Pioner-10» ha'm «Pioner-11» kosmoslıq apparatları ja'rdeminde U'lken qızıl daqtan aling'an su'wretlerge tiykarlanıp onin' detalları, strukturası bir qansha u'yrenilgen bolsa-da, ha'zirge shekem og'an tiyisli bolg'an mashqalalar jetkilikli da'rejede ko'p. Sonın' ishinde onin' qızıl ren'i de ha'zirge shekem sır bolıp esaplanadı.

Yupiter atmosferası Jer atmosferasınan keskin parıq qılıp, vodorod, geliy, metan ha'm ammiak gazlerinen turadı. Planeta atmosferasının' tiykarg'ı bo'limin vodorod ha'm geliy quraydı. Yupiterdin' spektrinde geliydin' o'z «avtograf» ın qaldırmag'anlıg'ı alımlardı uzaq waqt tınıshsızlandırıdı. Sebebi teoriyalıq esaplawlar boyınsha geliydin' onin' atmosferasında ken' tarqalg'anlıg'ın ko'rsetken joq edi. Bul ma'sele 1973-jılı sheshildi: Yupiter janına o'tip baratırg'an «Pioner-10» planetalar aralıq avtomat stantsiyası (PAS) Jerge jiberen «radiogrammasında» planeta atmosferasında geliydin' bar ekenligin ma'lim qılğ'anda, astronomlar «jen'il dem» aldı. Bul aling'an mag'lıwmatlar geliydin' mug'darı planeta atmosferasının' 25 protsentin yamasa 70 Jer massasına ten' ekenligin ko'rsetti. Planeta atmosferasının' tiykarg'ı bo'limin qurag'an vodorod bolsa onin' atmosferasının' 70 protsentin yamasa 225 Jer massasına ten' bo'limin quraydı.

Sonın' menen birge planetag'a tiyisli spektogrammalardın' analizi onin' atmosferasında sezilerli mug'darda atsetilen (C_2H_2) ha'm etan (C_2H_6) bar ekenligin bildirdi. Gigant planeta atmosferasında suw puwlarınin' tabılıwı da u'lken waqıya boldı. Sebebi alımlar onin' bultlı qatlamlarının' temperaturasının' $-(120 - 130)^{\circ}C$ dan da to'men ekenligin anıqladı. Bunday temperaturalarda suw puwları ma'n'gi muz halında g'ana boladı dep boljaydı.

Planetag'a ta'n sırlardı asıwıda 1973-jıldın' 4-dekabrında Yupiterden 130 mın' kilometrli qashıqlıqtan o'tken «Pioner-10» (AQSh) avtomat stantsiyasının' xızmeti u'lken boldı. Bul kosmoslıq aparat Jerden ushırılğ'annan keyin shama menen eki jıllıq sayaxattan son' Yupiterde «miyman» boldı. Avtomat stantsiya Yupiterge 6,5 million kilometr jaqınlasqanda-aq planeta magnitosferası onin' menen «ushırasıwg'a» shıqtı. Yupiterdin' magnitosferası tiykarınan u'sh bo'limnen ibarat bolıp, 20 planeta radiusı qashıqlıg'ına shekem sozilğ'an ishki bo'liminde dipollı (eki polyusli) magnit maydanı hu'kimdarlıq qıladı. 60 planeta radiusına shekem sozilğ'an orta bo'liminde bolsa planeta magnitosferası oraydan qashıwshı ku'sh ta'sirinde ku'shli deformatsiyalanıwdın' aqıbetinde ol sfera formasın jog'altıp, disk formasına iye boladı ha'm 90 planeta radiusına shekem baratug'ın sırtqı bo'limi bolsa «Quyash samalı» (Quyashstan keletug'ın plazma ag'ımı) ta'sirinde ja'ne de ku'shli deformatsiyalanadı.

Yupiterdin' tungi ta'reptegi magnit maydanı Jerdiki sıyaqlı uzın quyırıq payda etip, bir neshe million kilometrge shekem soziladı.

Ma'lim, elektronlar magnit maydanda qozg'alg'anda eki qıylı nurlanadı. Bul nurlanıwıların' biri tsiklotron nurlanıwı dep atalıp, salıstırmalı to'men energiyalı elektronlardın' (0,5 MeWqa shekem energiyalı) qozg'alıwınan, ekinshisi bolsa sinxrotron nurlanıw dep atalıp, relyativistik elektronlardın' (tezligi jaqtılıq tezligine jaqın) qozg'alıwınan payda boladı.

Gigant planetanın' magnit maydanı Quyashtan keletug'ın on' ha'm teris zaryadlı kosmoslıq bo'leksheler menen ta'sirlesip, olardin' o'z sferasında «tutqın» g'a tu'siredi ha'm aqıbetinde bunday jag'day planeta a'tirapında Jerdikine uqsas ku'shli radiatsiya poyaslarının' payda bolıwına alıp keledi. Toroidal formadag'ı (tecik gu'lshe tu'rindegi) radiatsiyalıq poyas planetanın' ekvator tegisligine biraz qıyalang'an halda bolıp, 1,5 ten 6 planeta radiusına shekemgi qashıqlıqqa sozılğ'an. Bul oblastta magnit maydan «qolg'a tu'sirgen» elektronlardın' energiyası 3 ten 30 MeW qa shekemgi aralıqta boladı. Planetanın' bul magnitosferası ha'm radiatsiya poyasları zaryadlı bo'leksheler ushın u'ken ta'biyiy tezletkishtin' ornın iyeleydi. Jerde registratsiyalanıp ju'rgen kishi energiyalı elektronlar Yupiterdin' ta'biyiy tezletkishlerdin' biri ekenligi, olar ushın xarakterli 10 saatlıq da'wirdin' planetanın' o'z ko'sheri a'tirapında aylanıw da'wiri menen birdey ekenligi anıqlandı.

Sonın' menen birge metrli radiodiapazonda Yupiterdin' ku'shli nurlanıwının' deregi de planeta magnitosferasında elektronlardın' sinxrotron nurlanıwının' na'tiyjesi ekenligi ma'lim boldı. U'ken planetanın' metrli diapazonda isleytug'ın bir neshe «radiostantsiya» 11 metrden 30 metrge shekem aralıqtag'ı tolqın uzınlıqların o'z ishine aladı. Bulardan «radioboran» dep at alg'an planeta radionurlanıwının' shaqmaqları da planetadan keletug'ın nurlanıwları ha'r qaysısın o'z aldına registratsiyalanadı. Esaplawlardın' ko'rsetiwinshe, bunday radioshaqmaqlardın' deregi quwatı boyınsha Jerdegi gu'ldirmamalar payıtında bo'linip shıqqan nurlanıwlardan milliardlag'an ese artıq quwatqa iye bolğ'an planeta atmosferasında elektr «shaqmag'ı» nın' bolıwı lazım.

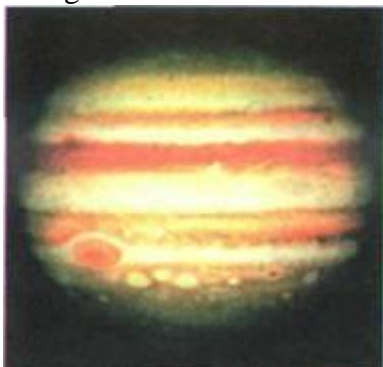
Yupiter Quyashtan Jerge salıstırg'anda 5 ese u'ken qashıqlıqta bolğ'anlıqtan, bul planetanın' betinin' bir birliginin' Quyashtan alatug'ın energiyası Jerdegiden 27 ese kem. Biraq sog'an qaramastan planetanın' tolıq beti tiykarınan radio ha'm infraqızıl diapazonlarda onın' Quyashtan alatug'ın energiyasınan shama menen 2,5 ese u'ken energiya menen nurlanadı. Bul Yupiter ishindegi ha'zirge shekem mexanizmi belgisiz bunday nurlanıw energiyasının' birdenbir deregi gravitatsiyalıq qısılıw bolıwı mu'mkin degen gipotezanın' tuwılıwına sebep boldı. Infraqızıl spektrometr ja'rdeminde planetanın' tap usı diapazonda nurlanıwı tiykarında anıqlang'an betinin' ku'ndizgi ha'm tu'ngi bo'limlerindeki temperaturalar birdey bolıp, -133°C ekenligin anıqladı. Yupiterdin' betinde orayg'a qaray temperaturanın' tez artıp bariwının' aqıbetinde ju'da' u'ken teren'liklerde onın' zatları tek gaz-suyıq halda bola alatug'inlıg'ı da son'g'ı jılları ju'rgizilgen esaplawlardan ma'lim boldı.

Planeta haqqında qolg'a kirgizilgen en' son'g'ı mag'lıwmatlar tiykarınan bul u'ken planetanın' ishki du'zilisinin' matematikalıq modellestiriliwi bolıp tabıladı. Bul modelge sa'ykes Yupiter atmosferasının' biyikligi 2 mın'nan 6,5 mın' kilometrge shekem sozılğ'an. Eger atmosferanın' ortasha biyikligi 4,2 mın' km dep alınsa esaplawlar onın' to'menindegi basımın' 200 mın' atmosferag'a, al temperatura bolsa 2000°C g'a jaqın ekenliginen derek beredi. To'meninde keskin shegarag'a iye bolmag'an zatlardın' gaz ta'rizli, suyıq ha'm qattı fazalardan ibarat suyıq vodorodtın' geliy menen aralaspasınan turatug'ın ten'iz bar. Shama menen 18 mın' km teren'likte 1 mln. atm. basımında vodorod metal halda, planeta orayında bolsa metallıq fazadag'ı silikatlar, magniy, temir ha'm nikeldin' oksidlerinen quralğ'an yadro jaylasqan dep boljanadı. Bul yadroda basım 20-100 mln. atm. a'tirapında bolıp, temperatura 15-25 mın' $^{\circ}\text{C}$ qa shekem baradı (su'wretke qaran'ız).

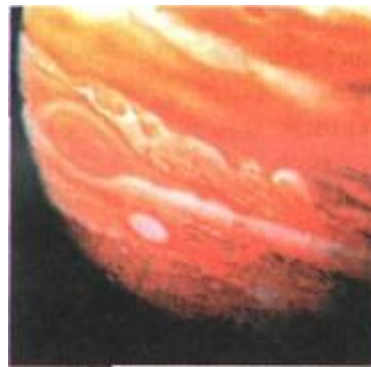
Yupiter o'z joldasları menen u'ken bir «shan'araqtı» quraydı. Onın' tabılğ'an joldaslarının' sanı maydaları menen qosıp esaplang'anda 50 den asıp ketti. Planetanın' bul «Ay» larının' to'rt en' irisi 1610-jılı G.Galiley ta'repinen ashıldı.

Yupiterdin' iri joldasların olardin' ayırım parametlerine sa'ykes 3 toparg'a bo'liw mu'mkin. Birinshi toparg'a to'rt Galiley joldasları (İo, Evropa, Ganimed ha'm Kallisto) (89-su'wret) ha'm onın' betinen 110 mın' kilometr qashıqlıqta aylanıwshı Amalteya kiredi. Bul topardın' Yupiterden en' uzaqta jaylasqan joldası - Kallisto planetadan 1,8 mln kilometr qashıqlıqta onın' a'tirapında 16,7 Jer sutkasına ten' da'wir menen aylanadı. Bul topardag'ı en' kishi joldas Amalteyanın' diametri 150 km, en' irisi - Kallistoniki bolsa 5300 kilometr. Galiley joldaslarının' ortasha tıg'ızlıg'ı planetadan uzaqlasqan sayın kemeyedi: $3,2-3,6 \text{ g/sm}^3$ ten (İo ushın) $1,6 \text{ g/sm}^3$

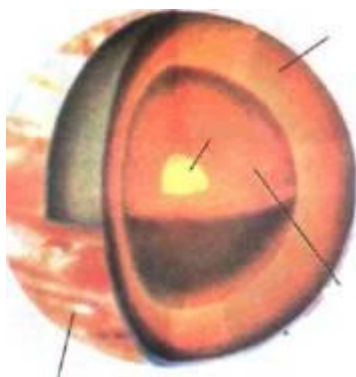
ke shekem (Kallisto ushın). «Pioner-10» nın' anıqlag'anı boyınsha Ganimed ha'm İonın' betinde atmosfera bar. Ganimedtin' betindegi temperatura -115°C ge shekem jetedi. Galiley joldasların' albedosın (Quyash nurların qaytara alıw qa'biletliklerin) u'yreniw olardıń betinin' qalın' muz qatlamı menen qaplang'anlıg'ın boljap aytıwǵa mu'mkinshilik beredi. Rossiya Federatsiyasınıń jan'a 600 metrli radioteleskopı ja'rdeminde Galiley joldasların u'yreniw, olardıń radi diapazonda anıqlang'an jaqtırtılıq temperaturaları menen salıstırıw joqarıdag'ılardıń durılıg'ın ko'rsetedi (Kallisto ushın -90°C , Ganimed ushın bolsa -105°C). Bul planetalar ushın esaplang'an ten' salmaqlıq nurlanıw temperaturasınan bir qansha joqarı bolıp, onıń deregi ko'p kilometrli muz qatlamı astında «jasırınǵan» dep aytıwǵa tiykar beredi. En' joqarı temperatura İoda baqlanıp, bul temperaturanın' sonshellı u'ken bolıwına baylanıslı alımlar bul joldas ku'shli magnit maydanına ha'm radiatsiyalıq poyasqa iye degen gipotezanı usındı. Ekinshi topar joldasları planeta a'tırıpında ortasha 12 mln kilometrli qashılıqta 250 Jer sutkasına jaqın da'wir menen aylanadı. Bul toparg'a kırıwshi joldaslar salıstırmalı kishi bolıp, olar haqqında ha'zirgi waqıtlarg'a shekem ju'da' kem mag'lıwmatlarga' iyemiz. Ekinshi topardıń iri ag'zaların' sanı bolsa 8 dana.



Yupiterdin' ulıwmalıq ko'rinisi.



Yupiterdin' betinde baqlanatug'ın U'ken qızıl daq.

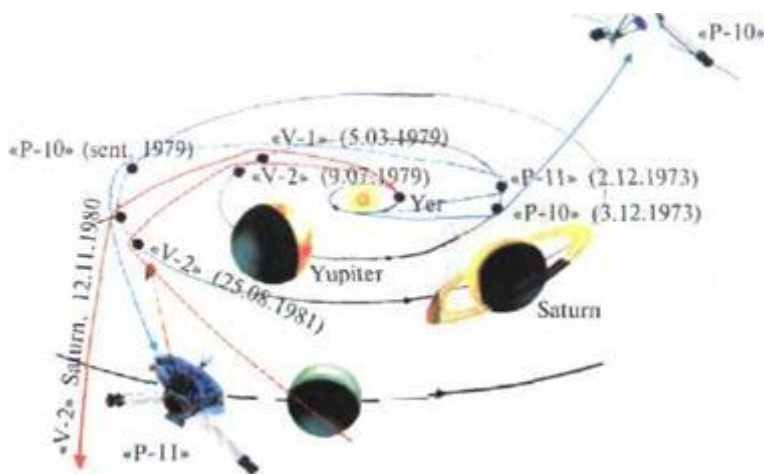


Yupiterdin' ishki du'zilisi.



Yupiterdin' Galiley joldasların' salıstırmalı o'lishemleri.

U'shinshi topar joldasları planetadan ortasha 23 mln kilometr qashılıqta shama menen 2 jıllıq da'wir menen aylanadı. 1979-jılı mart ayında Yupiterden 278 mın' kilometr qashılıqtan o'tken AQSh tın' «Voyadger-1» ha'm keyinirek «Voyadger-2» avtomat stantsiyaların' Yupiter ha'm onıń joldasların u'yreniwde ko'rsetken xızmetleri u'ken boldı (su'wretke qaran'ız). «Voyadger» alg'an su'wretlerde planetanın' 30 mın' kilometrge sozılǵan polyus shug'lası ha'm atmosferasındag'ı jasıldı esletiwshi shaqmaq shag'ıw baqlandı. Sonıń menen birge planeta betinen 57 mın' kilometr biyiklikte ken'ligi 8 mın' 700 kilometr ha'm qalın'lıg'ı 30 kilometrden u'ken bolmag'an Saturntikine uqsas saqıynasın' bar ekenligi de ma'lim boldı. Alımlardıń anıqlawı boyınsha bul saqıyna u'kenligi bir neshe onlag'an metrden bir neshe ju'z metrge shekem bariwshi taslardan ha'm muzdan quralǵan.



«Pioner-10», «Pioner-11», («P-10», «P-11») ha'm «Voyadjer-1», «Voyadjer-2» («V-1», «V-2») planeta aralıq stantsiyalarının traektoriyaları.

Avtomat stantsiya planetanın joldası loğ'a en' jaqın (19 mın' km) qashıqlıqtan o'tıp baratırıp onın' betinde ha'zirgi waqıtları «atılıp atırğ'an» vulkandı (biyikligi 160 km), bir neshe ju'z kilometrge sozılğ'an tawlar menen jarlıqlardı ko'rđi. Ganimed penen Kallistonın' betinde ko'ringen onlag'an jarıq daqlar bolsa shama menen kraterler bolsa kerek degen boljawg'a kelinđi. Kallistodag'ı kraterlerdin' biri bir neshe kontssentrlik tawlar sakıynaları menen oralğ'an bolıp, ayırım orınlarda bul du'zilisler arasındag'ı qashıqlıq 1600 kilometrge shekem jetedi.

Son'g'ı jılları u'lken planeta Yupiter ha'm onın' joldaslarına tiyisli bolğ'an bir qansha a'sirlik sırlar «ashılğ'an» bolsa da, ha'zirgi waqıtları onda ja'ne bir neshe onlag'an jıllarg'a jasırınğ'an mashqalalar bar. Bul sebepleri ele tabılmag'an qubılıslar o'z sırları menen ortaqlasıw ushın gezektegi kosmoslıq stantsiyalardı ku'tpekte. Biraq sonı aytıw kerek, bunday kosmoslıq apparatlardıń gigant Yupiterge qondırılıwı og'ada qımbatqa tu'setug'ınlig'ına baylanıslı olardı onın' iri joldaslarınan birine qondırıw ha'm qaytadan ushırıw energiyalıq ko'z-qarastan bir qansha arzan turadı. Sonın' ushın da alımlar keleshekte bul u'lken planetalıq sistema ag'zaları menen jaqınnan tanısıw maqsetinde gezektegi avtomat stantsiyalardı onın' «Ay» larının' birine qondırıwdı jobalastırmaqta.

Saturn

Planeta a'yyemgi Rimnin' waqıt ha'm ta'g'dir qudayı Saturn atı menen ataladı. Bul planeta shıg'ısta Zuhál, greklerde Kronos atı menen atalıp, Quyash sistemasının' qurallanbag'an ko'z benen ko'riw mu'mkin bolğ'an en' son'g'ı planetası bolıp tabıladı. Sonın' ushın A'yyemgi waqıtları uzaq jıllar Saturnnıń orbitası Quyash sistemasının' shegarası dep qaralğ'an.

Saturn u'lkenligi boyınsha tek Yupiterden keyingi orında turadı. Onın' diametri 120 mın' 800 kilometr. Quyashtan ortasha uzaqlıg'ı 9,5 astronomiyalıq birlik, yag'nıy Quyashtan 1 milliard 427 million kilometr qashıqlıqta jaylasqan.

Saqıynalı bul planeta orbitası boyınsha sekundına 9,6 kilometr tezlik penen qozg'alıp, 29 jıl 5 ay 16 sutkada Quyash a'tırıp bir ret aylanıp shıg'adı. Saturnnıń o'z ko'sheri a'tırıp aylanıwı Yupitertiki sıyaqlı ha'r qıylı ken'liklerde ha'r qıylı. Ekvator zonasının' aylanıw da'wiri 10 saat 14 minut, al polyusqa jaqın oblastlar 10 saat 28 minutlı da'wir menen aylanadı,

Planetanın' ekvator tegisligi orbita tegisligi menen 26°45' mu'yesh jasadı. Saturn a'tırıp eni 60 mın' kilometrge shekem, qalınlıg'ı 10-15 kilometrge shekem jetetug'ın saqıynanın' barlıg'ı menen basqa planetalardan keskin parıq qıladı (su'wrette keltirilgen). Biraq bul saqıyna da'slep 1610- jılı G.Galiley ta'repinen baqlang'an bolsa da, alım saqıynanın' haqıyqıy formasın belgilep bera almadı. Bunın' sebeplerinin' biri Galileydin' «qoldan islengen» teleskopında ko'ringen saqıyna su'wretinin' sapasızlıg'ı bolsa, ekinshisi usı da'wirde planeta Jerge «janbastan» turg'anlıg'ına baylanıslı onın' saqıynası baqlawshıg'a perpendikulyar turg'anlıg'ında edi. Saturnnıń Jerge salıstırğ'anda bunday «janbas» tan turıwı Quyash a'tırıp bir ret tolıq aylanıp shıg'ıwı dawamında eki ret baqlanadı.

Galileydin' bul tabissız urınısınan son' yarım a'sir waqıt dawamında Saturn saqıynası haqqında hesh qanday jan'alıq ashılmadı. 1657-jılı jas astronom Xristian Gyuygens o'zi soqqan teleskopın Saturng'a qaratıp, onın' a'tirapında shıraylı saqıynanı ko'rdi.

Saturn a'tirapında saqıynanın' baqlanıwı ko'p sanlı alımlardıń itibarın o'zine tarttı. Ga'p sonnan ibarat, sol waqıtlarg'a shekem hesh bir planetanın' a'tirapında saqıyna baqlanbag'an edi. Usı sebepten Saturn saqıynasınan' ta'biyatın u'yreniw ushın talay astronomlar birden izertlew jumıslarına kiristi. İtaliyalıq Jovani Kassini, ingliz Robert Guk, nemis İogan Enke, amerikalıq Djorj Bond ha'm rus Sofiya Kovalevskalar sol alımlardan edi.

1750-jılı Saturnnıń saqıynası haqqında Tomas Rayt bılay jazg'an edi: «Eger biz Saturn dı jeterli da'rejedegi quwatlı teleskop ja'rdeminde baqlasaq onda saqıynanın' biz joldaslar dep ataytug'ın denelerden bir qansha to'mende jatiwshı sheksiz ko'p mayda planetalardan ibarat ekenligin baykag'an bolar edik». Keyingi izertewler saqıyna haqqındag'ı Tomas Rayttın' bul ga'plerinin' durıs ekenligin tastıyıqladı.

1857-jılı belgili ingliz fizigi Djeyms Maksvell Saturnnıń saqıynasınan' monolit bolmay, al qattı bo'lekshelerdin' jıynag'ı ekenligin teoriyalıq jol menen da'lilledi. Ko'p o'tpey Maksvelldin' aytqanları belgili rus astrofizigi A.A.Belopolskiy ha'm amerikalıq J.E.Klerk ta'repinen o'tkerilgen eksperimentler tiykarında quwatlanıldı. Biraq, 1934-jılı o'zinin' Semeiz observatoriyasında (Qırım) o'tkerilgen bir qatar na'zik baqlawları tiykarında astronom G.A.Shayn planeta saqıynasınan' shan'nan quralg'an degen pikirge qarsı shıqtı.

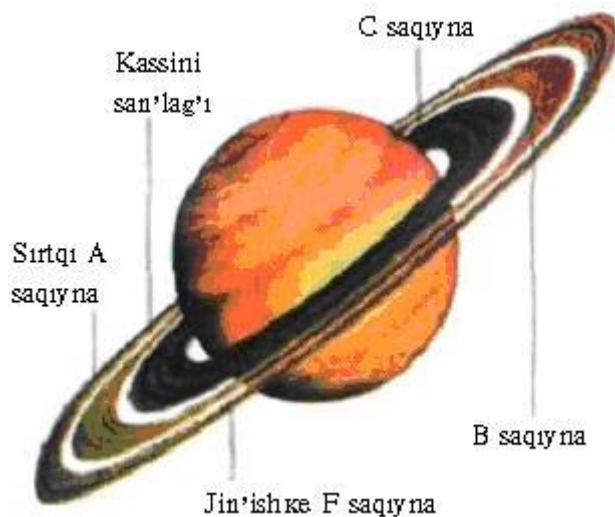
Son'g'ı jıllarg'a tiyisli izertewler planeta saqıynası haqqındag'ı mag'lıwmatlardı keskin bayıttı. Saturndı u'yreniwdegi iri qa'dem 1979-jıldın' 1-sentyabrında 6 jıllıq planetalar aralıq «sayaxat» tan son' Saturnnan 21 mın' 400 kilometr qashılıqtan o'tken Amerikanın' «Pioner-11» avtomat stantsiyası ta'repinen qoyıldı. Ol o'z baqlawları tiykarında saqıyna bo'lekshelerinin' u'lkenliklerinin' bir neshe santimetrge shekem barıp, ortasha shamasınan' bir santimetr ekenligin anıqladı.

1980-jıldın' gu'zinde Saturn qasınan AQSh tın' basqa bir stantsiyası - «Voyadger-1» o'tti. Awırlıg'ı 825 kilogrammlı bul stantsiya 1977-jıldın' 5-sentyabrında «Titan-Kentavr» alıp ushiwshı raketa ja'rdeminde Jerden Saturng'a qaray jol alg'an edi. Stantsiyanın' planeta tusında o'tip baratırıp alg'an su'wretlerinde saqıynanın' onlag'an, ha'tte ju'zlegen bir birinen g'a'rezsiz saqıynashalardan du'zilgenligin ha'm onın' tegisliginde u'lkenligi 80 kilometrge shekem bolg'an mayda joldaslardıń aylanatug'ınlıg'ın ko'rsetti (92-su'wret). Baqlawlar planeta betindegi temperaturanın' -180 °C a'tirapında ekenligin ma'lim qıldı.

Saturn betinde ekvatorg'a parallel halda baqlanatug'ın jol-jol jolaqlar ha'm ondag'ı detallar Yupiter betindegi sonday jolaqlar menen detallardan kontrastlılıg'ının' kemligi menen ayrılıp turadı. Ulıwma alg'anda Saturn ha'r qıylı u'lkenliktegi detalları menen Yupiterge salıstırg'anda bir qansha «gedeyligi» menen pariqladı.

Planeta atmosferasında da Yupitertindegi sıyaqlı metan gazi (SH₄) menen birgelikte ammiak (NH₃) ushırasadı. Saturnnıń bultlarınan' ta'biyatına tiyisli mashqalalardı sheshiwde ammiaktın' tutqan ornının' u'lken ekenligine baylanıslı bunday gazdı planeta spektrinde tabıw ju'da' a'hmiyetli edi. Biraq planeta atmosferasında ammiaktın' mug'darı ju'z mın'nan bir bo'limin g'ana qurag'an bolsa da, onsha da'l emes esaplawlar bunday mug'dardıń Saturn atmosferasında ammiak bultların payda qılıw ushın jeterli ekenligin tastıyıqladı.

1974- jılı planeta atmosferasında etan (C₂H₆) tabıldı. Saturnnıń elementler boyınsha quramı Quyashtın' kuramınan pariqlamay, vodorod ha'm geliy 99 protsenti quraydı.



Saturn ha'm onın' saqıynası.

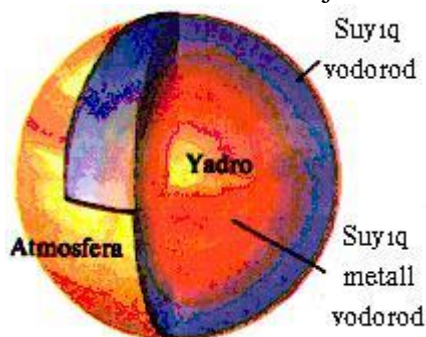


«Voyadjer» tu'sirgen Saturnnıń saqıynası.

Saturn atmosferasınıń qalın'lıg'ı 1000 km a'tirapında bolıp, onıń to'meninde vodorodtıń geliy menen aralaspaı qatlamı jaylasqan. Planeta radiusınıń yarımı jaqında temperatura 1000°C, basım bolsa 3 mln. atm. g'a jaqın. Onnan to'menirekte 0,7-0,8 planeta radiusı biyikliginde vodorod metallıq fazada ushıraydı. Bul qatlam astında erigen halda Jer massasınan 9 eseghe shekem u'iken bolg'an silikatlı-metallıq yadro jaylasqan (93-su'wret).

Saturnnıń a'tirapında sezilerli magnit maydannıń bar ekenligi da'slep «Pioner-11» ta'repinen anıqlandı. Jer ha'm Saturnnıń magnit maydanlarınń bir birinen parqı sonnan ibarat, bul planetanın magnit ko'sheri onıń aylanıw ko'sheri menen betlesedi.

1655-jılı saqıynalı planetanın birinshi joldasın da Gyuygens taptı. Planeta joldasların tabıwda ayrıqsha Kassini din izleniwleri jemisli boldı. Gyuygensten son ko'p o'tpey, ol bir birinen son Saturnnıń to'rt joldasın taptı.



Saturnnıń ishki du'zilisi.



Saturnnıń joldasları (ortadag'ı en u'lkeni Titan).

«Saqıynalı gigant» a'tirapında tabıl'g'an joldaslarınń sanı otızg'a jetti (su'wrette keltirilgen). Saturn joldaslarınan en u'lkeni Titan bolıp, Quyash sistemasındag'ı planetalardıń «Ay»larınń u'lkenligi boyınsha ekinshi orında, yag'nıy Ganimedten (Yupiterdin joldası) keyin turadı. Diametri 4850 kilometr. 1949-jılda-aq J.Koyper onda metannıń «iz» lerin ko'rip, planetanın bul joldasınń qalın atmosferag'a iye ekenligin birinshi bolıp anıqladı. Keyinirek, Titan atmosferasında jetkilikli da'rejede ko'p mug'darda vodorodtıń bar ekenligi baqlandı. 1980-jılı «Voyadjer-1» Saturn tusınan o'tip baratırıp onıń 6 jan'a joldasın taptı.

Waqıt ha'm ta'g'dir qudayına tiyisli tiykarg'ı jumbaq onıń a'tirapında bunday iri saqıynanın payda bolıw tariyxı bolıp tabıladı. Planeta saqıynasınń payda bolıwın tu'sindiriwge bag'ishlang'an gipotezalar ishinde frantsuz astronomı Roshtın teoriyası dıqqatqa miyasar. Bul teoriyag'a sa'ykes planetanın joldasları oraylıq planetadan belgili bir kritikalıq qashılıqtan kishi qashılıqta g'a'rezsiz jasadı almaydı eken. Saturn ushın esaplang'an bul kritikalıq aralıq onıń eki yarım radiusına (150 mın kilometrge) ten bolıp shıqtı. Sonın menen birge bunday esaplaw eger planeta joldaslarınń biri og'an usı qashılıqtan jaqın kelse planetanın tartıw maydanı

ju'zege keltirgen tasıw ku'shleri ta'sirinde nabıt bolıw ju'zege kelip, maydalanıp keteug'ınnan derek beredi. Esaplawlar jolı menen do'retilgen bul teoriyag'a baylanıslı Saturnnıń saqıynası a'yyemgi waqıtları planeta joldaslarınń birinıń «abaylamay» og'an jaqın kelgenligine baylanıslı maydalanıp ketiwiniń aqıbeti bolıp tabıladı.

Uran

Uran planetası tiykarg'ı ka'sibi muzıkant bolg'an, keyin belgili astronom da'rejesine ko'terilgen V.Gershel ta'repinen 1781-jılı tosınnan tabıldı. Ma'lim, planeta ashılǵ'annan shama menen ju'z jılday burın-aq baqlanıp kelinggen eken. Biraq astronomlar ha'r dayım og'an gu'n'girt bir juldız dep qarap, artıqsha itibar bermegen eken. Planeta orbitasını birinshi bolıp Peterburglıq akademik A.İ.Leksel esapladı.

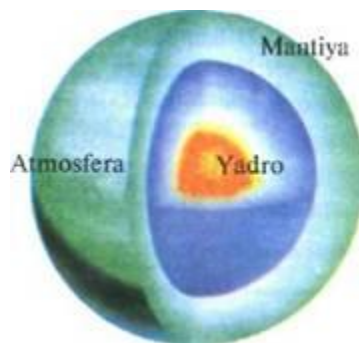
Urannın' diametri 49 mın' 600 kilometr, massası Jerdin' massasınan 14,6 ese u'lken, ortasha tıǵ'ızlıǵ'ı bolsa $1,60 \text{ g/sm}^3$. Bul planeta Quyashtan ortasha 19,2 astronomiyalıq birlik qashıqlıqta onıń a'tirapında aylanadı.

Urannın' orbitalıq tezligi sekundına 6,8 kilometrdi quraydı ha'm Quyash a'tirapında 84 jılı bir ret aylanıp shıǵ'adı. Biraq planeta o'z ko'sheri a'tirapında salıstırmalı tez aylanadı - sutkasınıń uzınlıǵ'ı 10 saat 49 minut.

Planeta betiniń detalların ko'rip bolmasa da, biraq onda da'wirli ra'wishte bet jaqtılıǵ'ınń o'zgerip turıwı anıq seziledi.

Planetanın' ekvator tegisligi orbitası tegisligine 98 graduslı mu'yesh jasadı, onıń aylanıw bag'darı Veneraniki sıyaqlı barlıq basqa planetalardıń aylanıw bag'darına qarama-qarsı boladı. Bul hal o'z gezeginde planetada jıl ma'wsimlerinin' ha'm ku'ndiz benen tu'nnin' almasıwlarına qızıq bir tu's beredi. Sonın' ishinde seksen to'rt jıllıq Uran «jılı» nıń 21 jılı dawamında Quyash ba'rqulla gorizonttan ko'terilip turadı. Planetanın' belgili bir yarım sharında jaz da bir neshe jıl dawam etedi. Biraq Quyashtın' ta'siri og'an shekem jaqsı jetip barmaydı. Sebebi Uran aspanında Quyash diski tek 2 mu'yeshlik minutına jaqın mu'yeshte ko'rinedi. Uran betin radionurlar tiykarında o'lshewler onıń ortasha temperaturasınıń -200°C ekenligin ko'rsetedi.

Uran, tiykarınan vodorod penen geliyden quralg'an bolıp, onda metannın' da bar ekenligi anıqlandı. Urannın' ishki du'zilisın alımlar erisilgen mag'lıwmatlar tiykarında 95-su'wrettegidey etip sa'wlelendiredi.



Uran «janbas» planeta (onıń ishki du'zilisi).



Oberon Titaniya Umbriel Ariel Miranda

Urannın' joldasları - Shekspir qaharmanları.

Bul planetanın' tabılg'an joldaslarının' sanı jıgırma birge jetti. Solardın' eki en' irisi Gershel ta'repinen ashılıp, Titaniya ha'm Oberon dep at berilgen. Birinshi ret bul atlar frantsuz eposında XII a'sirden son' ushıraydı. Keyinirek, V.Shekspirdin' «Jazdag'ı tan'dag'ı tu's» komediyasının' qaharmanlarının' atları menen atalg'anınan keyin, olar ba'rsheler ta'repinen qabil etildi.

Urannın' bul joldasları tabılg'annan son' 64 jıl o'tkennen keyin astronom Leksel planetanın' ja'ne eki joldasın taptı. Bul eki joldas ta Shekspir shıg'arması qaharmanlarının' atları menen Umbriel ha'm Ariel dep ataldı. 1948-jılı J.Koyper Urannın' besinshi joldasın taptı ha'm joqarıdag'ılarg'a sa'ykes, Shekspirdin' «Boran» ertek-pesasinın' qaharmanı - Miranda atı menen atadı. Urannın' 80- jılları «Voyadger» kosmoslıq apparatı ja'rdeminde tabılg'an bir neshe joldasları da da'stu'rge sa'ykes Shekspir shıg'armalarının' qaharmanları atı menen ataldı (96-su'wret).

Planetanın' tabılg'an joldasları da onın' a'tırıpında planetanın' aylanıw bag'ıtı menen birdey bag'ıtta aylanadı. Aylanıw tegislikleri Urannın' ekvator tegisligine ju'da' jaqın.

Neptun

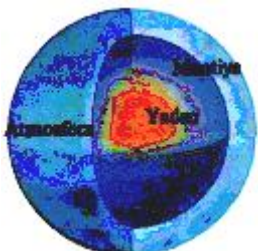
1820-jılǵ'a shekem Quyash sisteması tiykarınan to'mendegi jeti planeta - Merkuriy, Venera, Jer, Mars, Yupiter, Saturn ha'm Uran ha'm olardın' joldaslarınan quralǵ'an dep esaplanatug'ın edi.

1820- jılı Parijlik astronom A.Buvar Yupiter, Saturn ha'm Urannın' koordinatalarının' kestesin ju'da' u'lken da'llik penen esapladı. Biraq on jıl o'tkennen keyin Uran aldın'g'ı esaplang'an o'z ornına 200" lı mu'yeshke burılıp ketken. Ja'ne on jıl o'tkennen keyingi burılıw 90" qa, 1846-jılǵ'a kelip bolsa 128" qa jetti. Astronomlar Urannın' qozǵ'alısındag'ı bul awırtqıw onın' orbitasınan sırttag'ı basqa bir planetanın' ta'sirine baylanıslı degen qararg'a keldi.

Bunday quramalı matematikalıq ma'seleni sheshiw ushın bir waqıtta bir-birinen biyxabar halda eki astronom «bel bayladı». Bulardan biri frantsuz matematik U.Levere, ekinshisi bolsa jas ingliz astronomı J.Adams edi. 1846-jılı matematikalıq esaplawlar tiykarında planetanın' ornın anıqlap U.Levere teleskoplıq juldızlardın' tolıq kartası bar bolg'an Berlin observatoriyası xızmetkerlerine planetanı baqlawdı sorap o'tinish qıladı. 1846-jıl 23- sentyabr ku'ni bul observatorianın' astronomı professor Galle planetanı Leverre aytqan orınnan tek bir gradus qashıqlıqtan taptı. Planeta ten'iz ha'm okeanlar qudayı Neptun atı menen ataldı.

Bul planeta aspanda «qurallanbag'an» ko'z benen ko'riw mu'mkin bolg'an en' gu'n'girt juldızdan altı ese gu'n'girt bolıp ko'rinedi. Biraq sog'an qaramastan onı bir qanshama ku'shsiz teleskop penen de ko'riwge boladı.

Qızıǵ'ı sonnan ibarat, Neptunnnın' ashılıwınan bir qansha burın 1795-jılı 8- ha'm 10-mayda alıng'an fotoplastinkalarda onı eki ret astronom Laland baqladı. Biraq ol planetanı gu'n'girt bir juldız dep, al eki sutkada alıng'an fotoplastinkalardag'ı orın alg'an planetanın' jıljıwın bolsa o'lshewdin' qa'teligenen dep tu'sindi. Eger sol waqıtları Laland na'tiyje shıg'arıwǵ'a asıqpay bir-eki ku'n bul «gu'n'girt juldızsha» nı dıqqat penen baqlag'anda ol Neptundı Leverre menen Galleden yarım a'sir burın tapqan bolar edi!



Neptunnnın' ishki du'zilisi ha'zirgi waqıtları usınday etip sa'wlelendiriledi.



Neptunnnın' joldasları (ortadag'ı en' iri joldası Triton).

Neptun Urannan biraz g'ana u'lken balıp, onın' diametri 50 mın' 100 kilometr. Tıg'ızlıg'ı ha'r kub santimetrde 1,6 gramm. Quyashtan ortasha uzaqlıg'ı 30,1 astronomiyalıq birlik. Massası Jerdin' massasınan 17,2 ese u'lken. Planetanın' orbitalıq tezligi sekundına 5,5 kilometr bolıp, Quyashtan a'tirapında aylanıw da'wiri 164 jıl ha'm 280 sutka. Neptun o'z ko'sheri a'tirapında 15,8 saatta bir ret aylanıp shıg'adı.

Spektroskopiyalıq baqlawlar Neptunda vodorod ha'm metannın' bar ekenligin ko'rsetedi. Planeta tıg'ızlıg'ının' Yupiter menen Saturnnın' tag'ızlıg'ınan artıqlıg'ı onın' quramında awırırq elementler bar degen juwmaqqa alıp keldi (su'wret).

1846-jılı astronom Lassel Neptunın' u'lken bir joldasın taptı ha'm og'an ten'iz qudayı Poseydonnın' ulı Tritonnın' atın berdi. Triton ju'da' massalı bolıp, diametri 4500 kilometrge shekem keledi. Triton, Neptunnan ortasha 383 mın' kilometr qashıqlıqta planetanın' aylanıw bag'darına kerı orbitalıq qozg'alis penen aylanadı. Sonın' menen birge planetanın' bul iri joldası bir qansha qalın' atmosfera menen de qaplang'an.

1949-jılı planetanın' basqa bir joldasın Koyper taptı ha'm og'an a'yyemgi greklerden' muxabbat qudayı Nerey qızının' atı Nereida atı berildi. Onın' diametri 300 kilometr.

«Voyadger-2» kosmos apparatı 1989-jılı Neptung'a jaqınladı. Bul apparat ta'repinen tabılǵ'an onın' bir neshe joldası su'wrette keltirilgen.

Kishi planetalar

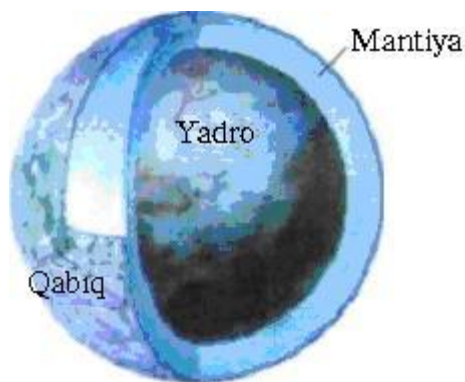
Pluton

Xalıq aralıq astronomlar soyuzı o'zinin' 2006-jıl avgust ayında bolg'an ma'jilisinde Plutondı planetalar qatarına shıgardı ha'm kishi planetalar katarına qostı. Sonlıqtan biz endigiden bılay Quyashtan sistemasında 8 planeta bar dep esaplaymız.

Leverenin' tabıslarınan ilhamlang'an ingliz astronomı Forbs 1880-jılı-aq Neptunnan uzaqta ha'm Quyashtan semyasınan' ag'zalarınan' bolıwın gu'man qılıp, onın' ornın esaplawg'a kiristi. Quramalı esaplawlar na'tiyjesinde astronom ma'lim emes planetanın' ornının' Ta'rezi (Mizon) juldızlar toparında ekenligin anıqladı. Forbs onı izlep bir neshe tu'nlerdi uyqısız o'tkerdi, aspannın' bul bo'liminin' su'wretlerin aldı ha'm qolda lupa menen fotoplastinkalardan sırtqı planetanın' «avtograf» ın tınıp tappay izledi. Biraq barlıq urınıwlar paydasız bolıp shıqtı. Neptunın' arg'ı ta'repindegi planeta ko'zge ilinbedi. Onın' menen bir waqıtta bul iske kirirken basqa bir astronom - Toddtın' tırıswları da na'tiyjesiz bolıp shıqtı.

A'sirimizdin' basında transneptunın' ornı menen astronom P.Lovell qızıqtı. Onın' matematikalıq esaplawları sonshama quramalı edi, bul esaplawlar aldında Leverenin' esaplawları a'dettegi arifmetikalıq esaplawlar bolıp shıqtı. Biraq alıng'an fotoplastinkalarda planetanı ko'riw Lovellge de nesip etpegen eken. Ol 1930- jılı qaytıw boldı. Tap usı jılı 13-mart ku'ni Lovell observatoriyasınan' jas astronomı K.Tombo alıng'an fotoplastinkalardan transneptundı izlep taptı ha'm Lovelldin' esaplaw tapqan planeta ornının' ju'da' u'lken da'llikke iye ekenligine isenim payda etti. Atap o'tiletug'ın jeri sonda, Lovell qaytıw bolg'annan keyin ol alg'an fotografiyalar dıqqat penen izertlengende olardıń bir neshesinde Plutonın' ko'ringenligi belgili boldı. Tilekke qarsı Lovell planetanın' ayqın tu'rde ko'riniwi kerek degen gu'man menen Plutonın' gu'n'girt juldızsha tu'rindegi su'wretin itibarsız qaldırg'an.

Pluton ko'z iletug'ın en' gu'n'girt juldızlardan da 4 mın' ese gu'n'girt ayqınlıqqa iye. Onın' orbitası ju'da' sozilg'an ellips ta'rizli bolıp, perigeliyde (Quyashtan en' jaqın kelgende) Quyashtan Neptunnan da jaqınırq keledi. Afeliyinde (orbitasınan' Quyashtan en' uzaqtag'ı noqatında) Neptun orbitasınan sa'l kem 3 milliard kilometr arıg'a ketedi. Planetanın' Quyashtan ortasha uzaqlıg'ı 5,9 milliard kilometrde (39,5 astronomiyalıq birlik) quraydı. Eger bunday u'lken qashıqlıqtan turıp Quyashtan na'zer taslansa, ol kishkene jaqtırtqısh noqatına aylanıp, planeta betin Jerdin' betine salıstırg'anda shama menen 1600 ese kem jaqtırtatug'ınlıg'ı anıq boladı. Betindegi temperaturası -220 °C a'tirapında bolg'an bul planetanın' fizikalıq ta'biyatı da usıg'an baylanışlı jaqsı u'yrenilmegen.



Pluton ha'm onin' ishki du'zilisi.

Plutonning diametri aniq o'lishengon joq. Esaplawlar onin' 2500 kilometrdan u'lken emesligin ko'rsatedi. Onin' jaqtılıg'ı 6,4 sutkalıq da'wir menen o'zgerip turadı ha'm bul waqıt planetanın' o'z ko'sheri do'geregindagi aylanıw da'wiri dep qabıl qılıng'an. Planetanın' ishki du'zilisi su'wrette keltirilgen. Onin' diametri 1770 km li yadrosı tiykarınan tas junıslar ha'm muzdan quralg'an. Onin' u'stinde -240 km li suw-muzlı mantiya qatlalı bar bolıp, planeta beti bir neshe kilometrlik qalınlıqtıg'ı muzlag'an metan menen oralg'an.

Bul planetanın' o'z orbitası boyınsha tezligi barlıq basqa planetalartikinen kem bolıp, sekundına 4,7 kilometrді quraydı. Pluton jılının' uzınlıg'ı bolsa 248 Jer jılına ten'.

Pluton orbitasının' tegisligi Jer orbitası tegisligi menen ju'da' u'lken 17° lı mu'yeshti payda etedi. Na'tiyjede ol qozg'alısı dawamında belgili bir da'wir ishinde basqa planetalarda bolmaytug'in zodiak juldız toparları shegaralarından shıg'ıp ketedi.

Pluton a'tirapında tabılğ'an bir g'ana joldas Xaron, planetadan 18-20 min' kilometr uzaqta turıp, onin' a'tirapında 6,4 sutkada bir ret aylanıp shıg'adı. Alımlar onin' diametrin 1200 kilometrdan kem emes dep bahalaydı.

1596-jılı basılğ'an «Kosmografiya sırları» shıg'armasında İogann Kepler Mars penen Yupiterdin' arasında ja'ne bir planetanın' bolıwı kerek degen boljaw aytqan edi. Keplerdin' bul gipotezası eki a'sirden son' planetalardın' Quyashtan ortasha uzaqlıqların ta'riplewshi a'jayıp empirikalıq (tikkeley baqlawlardan anıqlang'an) nızamlıqtın' ashılıwı menen tastıyıqlandı. 1772-jılı Vittenberglik astronom İogann Titsius planetalardın' astronomiyalıq birliklerde an'latılğ'an u'lken yarım ko'sherleri

$$a = (0,4 + 0,3 \cdot 2^n) \text{ a.b.}$$

qatnasının' ja'rdeminde tabılatus'ınlğı'n anıqladı. Bul jerde $n = -\infty, 0, 1, 2, 3, \dots$ ma'nislerine iye boladı.

To'mendegi keste planetalar orbitalarının' u'lken yarım ko'sherlerinin' joqarıdag'ı formula ja'rdeminde tabılğ'an shamaları olardı'n Quyashtan haqıyqıy uzaqlıqları menen salıstırılğ'an.

Keste

Qatar sanı	Planeta	n	Planetanın' Titsius formulası ja'rdeminde esaplag'an u'lken yarım ko'sheri (a.b)	Planetanın' Quyashtan haqıyqıy ortasha uzaqlıg'ı (a.b.)
1	Merkuriy	$-\infty$	0,4	0,4
2	Venera	0	0,7	0,7
3	Jer	1	1,0	1,0
4	Mars	2	1,6	1,52
5	?	3	2,8	-
6	Yupiter	4	5,2	5,2
7	Saturn	5	10,0	9,5

Titsiustın' formulanı ashıwınan xabarı bolğ'an Berlinlik astronom İogann Bode bul emperikalıq qatnastı qayta ko'rip shıg'ıp, tuwrılıg'ına isenim payda etti ha'm onı ken' tarqatıwda

u'iken xızmet ko'rsetti. Sonnan son' bul nızamlılıq Titsius-Bode nızamı atı menen du'nyag'a belgili boldı. Na'tiyjede bul nızamlılıqqa baylanıslı Mars penen Yupiterdin' aralıg'ında Quyashtan ortasha 2,8 astronomiyalıq birlik qashılıqta ja'ne bir planetanın' bolıwına endi ko'pshilik astronomlar gu'man qılmaytug'm boldı.

To'rt jıllıq sistemalı qıdırıw isleri durıslı na'tiyje bermedi. Birinshi bolıp Quyashtan shama menen 3 a.b. qashılıqta orın alg'an planetanı Palermo (Sitsiliya) observatoriyasının' direktori Djuzeppe Piatssi 1801-jıldın' 1-yanvarındag'ı tu'nde Savr juldız toparınan taptı.

Piatssi planetanı bir ayg'a shekem baqlap, yanvardın' aqırlarında o'zi ashqan jan'alıq haqqında Berlinge ha'm Milang'a (Italiya) xat jolladı. Bul da'wirde Napoleon urısı ha'wıj alg'an payıt edi. Sonlıqtan onın' xatları martın' aqırı, apreldin' baslaında go'zlengen ma'nzillerge zorg'a jetip bardı. Biraq bul aylarda Piatssınin' tapqan birinshi kishi planetası Quyashta jaqınlasıp, onın' jaqtısı astında ko'rinbey qaldı. Ko'p tırısıwırlardan son' 1801-jıldın' son'g'ı tan'ı ja'ne jan'a jıl tu'ninde «jog'alg'an» bul planetanı nemis astronomı Olbers Sunbula juldız toparında qaytadan taptı. Og'an Serera dep at qoyıldı. 1802-jıl 28-martda berlinlik astronom Olbers Sererani qayta baqlaw barısında og'an jaqın orında ja'ne bir tanıs bolmag'an juldızshag'a ko'zi tu'sti. Eki saatlıq baqlaw bul ob'ektin' juldızlar fonında jılıytug'ınlıg'm ko'rsetti. Na'tiyjede Quyashtan semyasına ja'ne bir kishi planeta qosıldı ha'm ol Pallada degen at aldı. Biraq Pallada orbitasının' u'iken yarım ko'sheri de 2,8 a.b. u'ikenliktegi shamag'a iye bolsa da, biraq onın' orbita tegisliginin' Jer orbitası tegisligine salıstırg'anda aytarlıqtay u'iken mu'yesh - 34° qa qıyalang'an halda ekenligi ma'lim boldı.

1804-jıl 2-sentyabrde Hut juldız toparında astronom Garding keyinirek Greka dep at qoyılğ'an kishi planetanı, 1807-jıl 29-martta bolsa Olbers to'rtinshi asteroid – Vestanı ashtı.

Bunnan son' Mars penen Yupiterdin' aralıg'ında a'yyemgi waqıtları belgisiz bir planeta nabit bolğ'an degen gipotezag'a astronomlar ja'ne de ko'birek isenim payda qıla basladı. Bul bolsa o'z gezeginde Mars penen Yupiter aralıg'ında ele ashılmag'an mayda planetalar ko'p degen juwmaqtı berdi. Onlag'an astronomiya ıshqpazları tu'nlerdi uyqısız o'tkizip kishi planetalarg'a «qarmaq taslawdı» dawam etti. Biraq bul urınıslardıń ko'pshiligi paydasız ketti. Tek 1845-jılǵ'a kelip 15 jıllıq tınımsız izleniwler astronomiya «ıshqpazı» - poshta shinovnigi Karl Genkeni jan'a asteroid menen sıylıqladı. Besinshi bul kishi planeta Astrei dep ataldı. Bul waqıyadan keyin son' kishi planetalardıń ashılıwı tezlesip ketti. Keyingi on jıl ishinde olardıń sanı 36 g'a, 1890-jılǵ'a kelip bolsa 302 ge jetti.

Da'slep mayda planetalar a'yyemgi rim a'psanalarının' qaharmanları, qudaylardın' atları menen ataldı. Son'ınan olardıń sanı ju'da' ko'beyip ketkenlikten olardıń 45-sinen baslap a'dettegi hayallardıń atları, keyinirek bolsa asteroidlarga filosofiya, geometriya, yustitsiya sıyaqlı ilimiy atlar ha'm geografiyalıq atlar belgilene basladı.

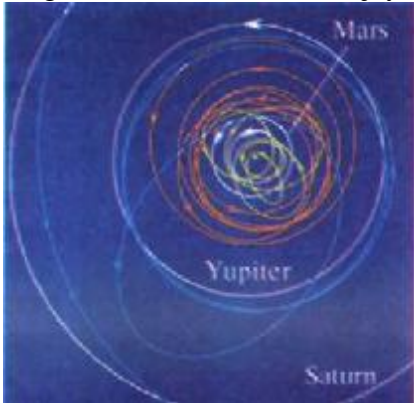
Urıs jıllarında Kitob Xalıq aralıq ken'lik stantsiyasında islegen Semeiz (Qırım) observatoriyası xızmetkeri, professor G.Neuimin tapqan astreoidlardın' birine (qatar sanı 1351) «O'zbekstaniya» degen at berildi.

Mayda planetalarg'a tiyisli ja'ne bir qızıq ga'p sonnan ibarat, olardıń birazı tabılğ'annan keyin orbitaların esaplawg'a u'lgermey turıp-aq jog'altıp qoyıldı. Usınday halda «jog'alg'an» kishi planetalardıń planetalardıń sanı mın'nan artıq. XX a'sirdin' birinshi bes jıllıg'ı (1901-1905 jıllar) aralıg'ında tabılğ'an 300 mayda planetanın' ishinen 179 planeta jog'altıp alındı. 1936-1940 jıllar dawamında tabılğ'an 1176 asteroiddan bolsa dizimde tek 136 asteroid bekkem orın aldı.

Bunday awhallardıń aldın alıw ushın 1873-jılda Berlin esaplaw institutı sho'lkemlestirildi ha'm ol 1945-jılǵ'a shekem kishi planetalardı dizimge alıw orayı bolıp xızmet etti. Urıstan keyin bul wazıypanı 1920-jılı sho'lkemlestirilgen Sankt-Peterburg teoriyalıq astronomiya institutı o'zinin' juwapkershiligine aldı. Bul instituttın' aspan deneleri orbitaların esaplawg'a tiyisli kes-teleri pu'tkil du'nya astronomiyalıq observatoriyaları ta'repinen paydalanıladı.

Orbitaları esaplanıp, mayda planetalardıń diziminen bekkem orın alg'an asteroidlardın' sanı ha'zirge kele 2000 den artıp ketti.

Asteroidlar ishinde en' irilerinin' o'lishemleri de Jerdin' radiusı menen salıstırğ'anda ju'da' kishi bolıp shıg'adı. Olardan en' u'ikenleri - Tserera (ko'ldenen' kesimi 1000 km), Pallada (610 km), Vesta (540 km) ha'm Gigeya (450 km). Tek 14 kishi planetanın' ko'ldenen' kesimi 250 km den artıq, qalg'anları bolsa bir qansha kishi, en' kishilerinin' kesimi 1 km a'tirapında (Germes). Asteroidlardın' massaları $1,4 \cdot 10^{21}$ kg nan (Tserera), yag'nıy Jer massasınan 4,4 mın' ese kishi, 10^{12} kgg'a (Germes) shekem barıp, ortasha tıg'ızlıg'ı 2 g/sm^3 tan (taslı asteroid) 7-8 g/sm^3 qa shekem (temir-nikelli asteroid) baradı. 100-su'wrette bir topar asteroidlardın' Quıyash a'tirapındag'ı orbitalarının' o'z-ara jaylasıwı su'wretlengen.



Bir topar kishi planetalardıń orbitaları.

Asteroidlardan İkar, Germes, Eros ha'm Adonislar Jerge da'wirli ra'wishte jaqınlasıp turadı. Bul jag'dayda Olar Jerge 6 mln km den 23 mln km ge shekem jaqınlasıp, Jer ushın u'iken qa'wip tuwdıradı.

Biraq asteroidlardın' Jerge da'wirli ra'wishte bunday jaqınlasıp turıwınan qa'weterleniwdin' keregi joq. Sebebi bunday asteroidlardın' orbitalarının' esaplawları menen Xalıq aralıq Astronomiyalıq Soyuzdın' bir topar alımları turaqlı tu'rde shug'ullanadı. Sonlıqtan planetamız benen bir asteroidtın' soqlıg'ısıw itimallılıg'ının' ju'z beriwın olar bir neshe jıl aldın ala eskerte aladı. Bunday eskertiw tiykarında planetamız Jerdi asteroid penen soqlıg'ısıwdın' aqıbetinde nabit bolıwdan qutqarıp qalıwdın' ha'r qıylı jolların alımlarımız tawıp qoyğ'an.

Kometalar

«Kometa» - grekshe so'z bolıp, «shashlı» degen mag'ananı an'latadı. Kometalarg'a «shashlı» yamasa «quyırlı juldızlar» degen at olardıń Quıyashqa jaqın o'tıp baratırğ'andag'ı ko'rınislerine sa'ykes berilgen bolıp, tiykarında qozg'alısları dawamında olardıń sırtqı pishinleri keskin o'zgerip turadı. Mısalı kometa Quıyashtan ju'da' uzaq qashıqlıqta bolğ'anda (sol waqıtta kometa planetamızdan da uzaq qashıqlıqta turadı) onın' tiykarg'ı massası belgili bir formag'a iye yadro dep atalıwshı bo'liminde jıynalg'an bolıp, gu'n'girt juldızsha ta'rizli ko'zge taslanadı. Ol Quıyashqa jaqınlasqan sayın yadro a'tirapın koma dep atalıwshı siyrek gaz bultı oraydı. Sonın' menen birge bul da'wirde komadan Quıyashqa qarama-qarsı ta'repke karap jaqtı bolıp ko'rinetug'ın «quyıraq» sozıladı (su'wrette ko'rsetilgen).

Kometa Quıyashqa jaqınlasqan sayın kometanın' diametri de, «quyırg'ı» nın' uzınlıg'ı arta beredi. Qızıg'ı sonnan ibarat, diametri shama menen million kilometrge shekem bolğ'an kometa yadrosın orawshı koma da, uzınlıg'ı bir neshe ju'z million kilometrge shekem jetetug'ın «quyıraq» ta u'ikenligi tek bir neshe kilometr keletug'ın muzlang'an kishi yadrodan, onın' Quıyash temperaturasınan qızıwının' sebebinen ajralıp shıg'adı.

Kometanın' yadrosı koma menen birgelikte onın' bası dep ataladı. «Bas» ha'm «quyıraq» tan quralğ'an bul «juldız» o'zin ilimge ha'zirgi waqıtlardag'ıday etip tanıstırğ'ang'a shekem o'zinin' ko'riniwi menen adamlardı ko'p ta'shwishlerge salg'an aspan denelerinin' biri bolıp esaplanadı.

Ha'tte XVII a'sirde Shıg'ısta tarqalg'an «Ka'ramatlar tariyxı» toplamında da «quyırlı juldızlar» quday g'a'zebinin' elshileri dep talqılang'an. Mısalı esletilip o'tilgen «tariyx» ta mınaday so'zler keltirilgen: «Kometa baxıtsiz qubılıslardıń anıq belgisi bolıp xızmet etedi. Ha'r dayım adamlar Aydın' tutılıwın, kometanı ko'rgende Jerdin' silkiniwi, suw alıw ha'm sog'an

uqsas baxitsızlıqlar ju'z berip, bunnan son' ko'p o'tpey qorqınıshlı waqıyalar - qan to'gispeler, adam o'ltiriwler, ullı monarxlardıń o'limi, satqınlıqlar, imperiya menen patshalıqlardıń qıyrawı, ashlıq, qımbatshılıq, qullası bir so'z benen aytqanda, insaniyattı baxitsızlıq o'zinin' qısqısına aladı. Sonın' ushın hesh kim qıyamet ha'm qorqınıshlı su'ren jaqınlap kiyatırğ'anda, anıg'ırag'ı, aspanda turıp esik qag'ıp derek beriwshi samaldın' bul elshilerinin' xabarlarının' durısılıg'ına gu'manlanbaslıq kerek».

Jaqın jıllarg'a shekem de kometa baxitsızlıq elshisi dep esaplaytug'ınlar tabılıp turatug'ın edi. İlimde bolsa sa'l kem XVI a'sirdin' aqırlarına shekem kometalar Jer atmosferasındağ'ı jasıl yamasa polyus sa'wlesi sıyaqlı qubılıslardıń biri dep qaralar edi. 1577-jılı belgili Daniyalıq izer-tlewshi, astronom Tixo Brage baqlawlar tiykarında kometalardıń planetalar arasında qozg'alıwshı aspan deneleri ekenligin tastıyıqladı. Bunnan son' ko'p o'tpey XVII a'sirdin' baslarında İ.Kepler ha'm G.Galiley «quyırqlı juldızlar» Quyash sistemasın tuwrı sıziq boyınsha kesip o'tedi ha'm keyin og'an pu'tkilley qaytpaydı dep boljadı.

Kometa ko'rınislerinin' o'zgeriwinde onın' qozg'alis traektoriyaların u'yreniw a'hmiyetli orın tutadı. Bul bag'darda Brage ha'm Keplerden son' belgili polyak astronomı Geveliydin' xızmeti u'lken boldı. Kometalar haqqındağ'ı o'z izertewleri tiykarında Geveliy kometalardıń traektoriyalarınin' iymek sıziqtan ibarat ekenligin anıqladı. 1681-jılı Georg Derffel kometalardıń orbitalarının' parabola tu'rinde bolıp, olardıń fokusında Quyashtın' tura-tug'inlıg'ın anıqladı. Kometalar qozg'alısının' parabolalıq orbitalar boyınsha baqlanıwın ullı ingliz fizigi Nyuton sıpatladı.

Baqlang'an barlıq kometalardıń orbitaların basqa bir ingliz alımı, Nyutonın' sha'kirti Edmund Galley esapladı. Ol 1337-jıldan 1698- jılğ'a shekemgi da'wirde baqlang'an 24 kometa haqqında mag'lıwmatlar jıynap, olardıń orbita elementlerin o'z ishine alatug'ın katalogtı 1705-jılı baspadan shıg'ardı.

Qızıg'ı sonda edi, bul kometalardan u'lkeninin', anıg'ırag'ı 1531-, 1607-, 1682- jılları baqlang'anlarınin' orbita elementleri derlik birdey bolıp shıqtı. Bul haldın' tosınnan emes ekenligine teren' isengen E.Galley 1705-jılı bılay jazdı: «1531-jılı Apian ta'repinen, 1607-jılı Kepler ha'm Longomontan ta'repinen baqlang'an kometa, 1682-jılı men o'zim baqlag'an kometanın' o'zi bolıwı kerek degen pikir mag'an tınıshlıq bermey tur. Bul u'sh kometanın' elementleri bir birine da'l sa'ykes keledi. Sonın' ushın men bul kometanın' 1758- jılı qaytıp keliwin isenim menen aytalaman. Eger ol qaytıp kelse ol halda basqa kometalardıń da Quyashqa kayta qaytıp kele-tug'inlarına (yag'nıy da'wirliligine) gu'man qalmaydı».

Alım ko'p jan'ılıspag'an edi. Galley boljag'an «quyırqlı juldız» 1759- jıldın' 12- martında perigeliyden o'tti. Kometanı birinshi bolıp 1758- jıldın' 25- dekabrde Drezden a'tirapında jasawshı diyxan - astronomiya ıshqıpaızı G.Palish ko'rdi.

Frantsiyada birinshi bolıp kometanı 1759-jıldın' 21-yanvarında Parij ten'iz observatoriyasının' xızmetkeri Messie ko'rdi.

Solay etip Galleydin' boljawı tabılı tu'rde tastıyıqlandı. Bul bolsa o'z gezeginde, Nyutonın' pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamının' durısılıg'ın da'lilledi. Na'tiyjede Quyash sistemasının' ag'zası ekenligi tastıyıqlang'an kometa onı ashıwshısının' hu'rmetine Galley dep atalatug'ın boldı. 102-su'wrette Galley ko-metasının' 1986-jılı Quyashqa jaqın oblastlardan gezektegi o'tiwi payıtında O'zbekstan İlimler Akademiyasının' Astronomiya institutı xızmetkerleri ta'repinen tu'sirilgen fotosu'wreti keltirilgen.

Ha'zirgi zaman kometa astronomiyasının' tiykarın salıwshılardan sanalg'an rus izertlewshisi F.A.Bredixin XIX a'sirdin' ekinshi yarımında barlıq tiykarg'ı kometa qubılısların tu'sindire alatug'ın mexanikalıq teoriyanı do'retti. Bul teoriyag'a sa'ykes Quyashtın' kometag'a ta'sir etiwshi tartılıs ku'shinen bir neshe ese artıq u'lkenlikke iye bolg'an iyteriw ku'shinin' de bar ekenligi tabıldı. XIX a'sirdin' ortalarında ingliz fizigi Dj.Maksvell jaqtılıq nurının' ag'ımının' onın' jolına qoyılğ'an tosınlıqqa basım tu'siretug'inlıg'ın teoriyalıq jol menen anıqladı. Biraq bul basımın' mug'darı ju'da' kishi bolıp, onı ta'jiriybede ko'rsetiw ju'da' u'lken o'nerdi talap etti. 1900- jılı rus alımı N.N.Lebedev ta'repinen bunday na'zik ta'jiriybe sheberlik penen orındandı. Ta'jiriybenin' ko'rsetiwinshe nurdın' basımı haqıyqatında da bar bolıp, onın' a'sirese siyrek gaz

molekulaları yamasa mayda shan' bo'lekshelerine tu'siretug'in shaması sezilerli da'rejede u'lken eken.

Nurdin' bunday basımına su'yenip kometa quyrig'indag'ı siyrek gazlerdin' Bredixin bol-jag'an iyteriwi shi ku'shleri ta'sirinde Quyashdan kerı ta'repke sozilg'anlig'in tu'sindirıw qıyın bolmadı.

Kometalardın' yadrosı muzlag'an gazler ha'm olarg'a jabısqa ha'r qıylı o'lishemlerdegi shan', tas ha'm metall bo'lekshelerden quraladı. Muzlag'an gaz ammiak, metan, karbonat angidridi, tsian ha'm azottan ibarat bolıp, kometa Quyashqa jaqınlasqanda yadro onın' ta'sirinde intensiv tu'rde puwlana baslaydı ha'm yadro a'tirapında qalın' gaz qatlamı – komanı payda etedi. Quyashnıń ultrafiolet nurları komanı qurag'an gaz molekulaların «oyatadı». Na'tiyjede komanın' spektrinde onı qurag'an neytral gazlerdin' (azot, tsian, karbonat angidridi, metan ha'm basqalar) jariq jolaqtı payda etedi.

Joqarıda esletilip o'tilgendeı kometalardın' quyırıqları Quyash nurlarının' basımı ha'm Quyash «samalı» nın' (korpuskulyar bo'lekshelerdin' ag'ımı) ta'sirinde payda boladı. Kometa Quyashqa jaqınlasqa sayın komag'a gaz benen shan'nın' intensiv tu'rde ayrılıp shıg'ıwının' na'tiyjesinde og'an ta'sir etiwshi basım ku'shi de artıp, kometanın' quyrig'ı ku'n sayın sozıla baradı.

Kometanın' quyrig'in qurag'an gaz ha'm shan' a'dette ju'da' siyrek boladı. Quyashnıń ultrafiolet nurları ta'sirinde gaz molekulaları ionlasadı ha'm bo'linip nurlanadı. Sonın' ushın bunday gazlı quyırıqlardın' spektrinde ionlasqa azot, karbonat angidridi ha'm CO₂ gazının' emissiyalıq sızıqları payda boladı.

Shan'lı kometa quyırıqlarının' spektri Quyash nurlarının' olarda shashırag'anlig'ına baylanıslı Quyash spektri menen birdeı boladı.

Kometa massasının' tiykarg'ı bo'limi onın' yadrosında toplan' an bolıp, en' iri kometalarda da ol Jerdin' massasının' ju'z millionnan bir bo'liminen artpaydı. Komanın' tıg'ızlıg'ı bolsa tek bolg'anı $10^{-12} - 10^{-13}$ g/sm³ tı quraydı. Kometa bas bo'liminin' diametri onın' massası ha'm Quyashdan uzaqlıg'ına baylanıslı 25 mın' km den (gu'n'girt kometalarda) 2 mln. km ge shekem (jariq kometalarda), quyırıq bo'limi bolsa 150 mln. km ge shekem baradı. Kometalarg'a tiyisli bul mag'lıwmatlardın' ko'pshiligi 1986-jılı Quyash janına Galley kometasının' gezektegi o'tiwi barısında «Djotto» (Ullı Britaniya), «Planeta» (Yaponiya) ha'm «Viga» (buring'ı Soyuz) avtomat stantsiyaları ja'rdeminde alındı.

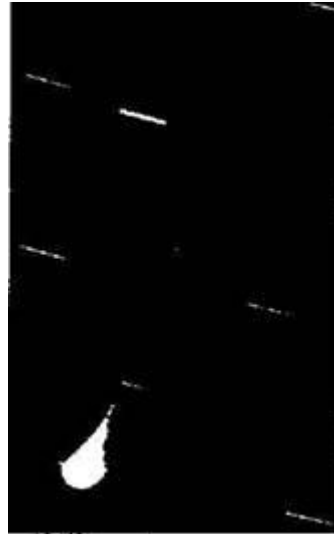
A'dettegi ko'zge ko'rinetug'in kometalar ju'da' kem ushırasıp, ha'r bir neshe jıl dawamında ortasha birewi g'ana ko'rinedi. Biraq olardı teleskoplar ja'rdeminde astronomlar derlik ha'r jılı baqlaydı.

1950- jılg'a shekem 1500 dan artıq kometa esapqa alındı. Olardın' 400 ge jaqını teleskoplar payda bolg'ang'a shekem, qalg'anları bolsa teleskoplar ja'rdeminde ashıl' an.

Astronom Boldennin' «Komctı do nashala 1948 goda» kitabında baqlang'an 1619 «quyırıqlı juldız» haqqında mag'lıwmat keltirilgen. Eger 1948- jıldan 1972-jılg'a shekem baqlang'an kometalar bul sang'a qosılsa, onda baqlang'an kometalardın' sanı 1834 g'a jetedi. A'lbette bulardın' ishinde qurallanbag'an ko'z benen baqlang'anları ju'da' az. Da'wirli kometalardın' bir toparının' Quyash a'tirapındag'ı aylanıw orbitaları su'wrette keltirilgen.

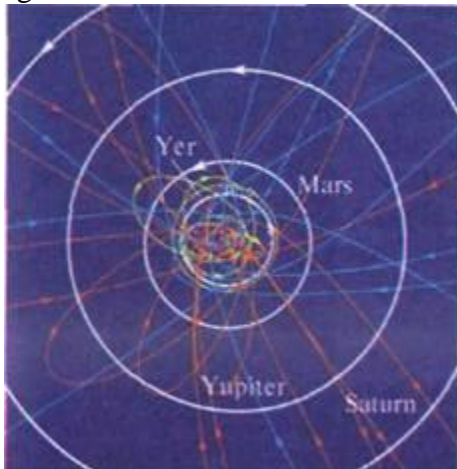


«Kuyriqlı juldız» - kometanın' ko'rinisi.



1986-jılı Galley kometasının' Quyashtın' janınan o'tiwi.

Kometalar qaysı orınlarda «tuwıladı»? bul soraw kometalar ma'selesinde ele tolıq sheshilmegen, jumbaqlarg'a bay sorawlardan bolıp esaplanadı. Birinshi bolıp bunday sorawg'a Laplas juwap beriwge umtıldı. Ol o'zinin' «A'lem sistemasının' bayanlaması» shıg'armasında kometalar «... dumanlıqlardı qurag'an zatlardan ju'zege kelip, Quyashtın sistemasına sırttan keledi» dep jazg'an edi.



«Kuyriqlı juldız» lardıń bir toparının' Quyashtın a'tırıpındag'ı orbitaları.

1929-30- jılları rus alımı S.K.Vsexsvyatskiy qısqa da'wirli kometalardıń ha'r gezektegi ko'rinislerindegi jaqtılıqtın' o'zgeriwin u'yreniwler tiykarında olardıń jasınıń bir neshe onlag'an jıldan bir neshe ju'zlegen jılǵa shekem barıwının' mu'mkinligin anıqladı. Bul da'liller o'z gezeginde qısqa da'wirli kometalar Yupiter sistemasının' shegarasında tuwılatug'ınlıg'ınan derek beredi. Bul da'lillerge su'yengen halda o'z izertlewleri tiykarında S.Vsexsvyatskiy qısqa da'wirli kometalar Yupiter yamasa onın' joldasları turatug'ın materiyadan payda boladı degen gipotezanı ortag'a tasladı. Biraq ko'plegen parabolalıq orbitag'a iye bolg'an uzın da'wirli kometalardıń payda bolıwın bunday gipoteza tiykarında tu'sindiriwge bolmaytug'ınlıg'ı, olardıń Quyashtın sistemasına sırttan keliwi haqqındag'ı gipotezanı qabıl qılıwdı talap etedi.

Gollandiya astronomı Y.Oort jaqında o'tkerilgen o'z izertlewleri tiykarında bunday kometalardıń deregi Quyashtın sistemasın orap turıwshı ha'm Quyashtan shama menen 20 mın' astronomiyalıq birlikke shekem sozılǵ'an shegara ishinde jatiwshı u'lken ko'lemli kometa bultları degen juwmaqqa keldi.

Ko'pshilik «kuyriqlı juldızlar» orbitalarının' perigeliyelerinin' Quyashtan ha'm Jerden ju'da' uzaqta jatqanlıqlarına baylanışlı olardı ko'riwge bolmaydı. Bunday uzın da'wirli kometalardıń ma'n'gi muzlag'an halda bolg'anlıg'ınan o'z gazların planetalar aralıq boslıqqa derlik sarıplamaydı ha'm sonın' ushın da milliardlag'an jıllar dawamında o'zgerissiz jasay aladı. Biraq

jaqın jaylasqan juldızlar ha'm Quyash sisteması planetaların' ta'sirinde bunday kometalar orbitaların' perigeliyin o'zgertip, na'tiyjede ol kometalar Quyashan kishi qashıqlıqtan o'tiwshi orbitalar boyınsha qozg'alatug'ın kometalarg'a aylanıwı mu'mkin. Esaplawlar «quyırqlı juldız» lardıń ayırımların' bunday ta'sirlerdin' na'tiyjesinde waqıttın' o'tiwi menen Quyash sistemasın pu'tkilley taslap ketetug'ın parabolalıq orbitalarg'a o'tip ketiwlerinin' de mu'mkinligin ko'rsetedi.

Meteorlar «ushıwshı juldızlar» ha'm meteor «jamg'ırları»

Tu'nde shıraylı iz qaldırıp «ushqan juldız» lardı kim ko'rmegen deysiz? Biraq bul «ushıwshı juldız» lardıń haqıyqıy juldızlarg'a hesh baylanısı joqlıg'ın barlıq adam bilmese kerek. Tiykarında olar aspannıń «adasıwshı» mayda tas bo'leksheleri bolıp tabıladı. Olardıń u'kenlikleri millimetrdin' a'tırapları, massaları bolsa milligrammlarda o'lishenedi. Olar Jerge jaqınlap planeta atmosferasına sekundına 10 kilometrden 70-80 kilometrge shekemgi tezlikler menen kiredi. Bunday u'ken tezliktegi tas bo'leksheleri atmosfera molekulları menen su'ykelisip qızadı ha'm ushıw dawamında ju'da' tez janıp ketedi. İlimdegi meteorlar dep atalıwshı «ushıwshı juldızlar» jolın' uzınlıg'ı bul aspan denelerinin' u'kenliklerine baylanıslı bolatug'ınlıg'ı o'zi o'zinen tu'sinikli.

Meteor bo'leksheler qanday payda boladı, olardıń derekleri qaysı orınlarda degen ta'biyiy soraw tuwıladı. Ga'p sonnan ibarat, ayırım kometalar Quyash sistemasının' basqa aspan denelerinen ayrılıp, waqıttın' o'tiwi menen ıdıraydı. Kometa ha'r dayım Quyashın' qasınan o'tip baratırıp yadrosına tiyisli bolg'an gaz ha'm shan'nın' bir bo'limin jog'altadı. Kometa yadrosındag'ı bul gaz ha'm shan'lardıń zapasın' shegaralang'anlıg'ın itibarg'a alsaq belgili bir da'wirden son' «quyırqlı juldız» lardıń bassız ha'm quyırqsız qalatug'ının tu'siniw qıyın emes. Perigeliyden o'tip baratırğan kometanın' quyırqsız ha'm komasız bolıwı onıń «g'arrılıg'ı» nan derek beredi. Belgili bir kometa qansha waqıttan son' o'z yadrosındag'ı gazdin' sarıplanıwın esaplaw mu'mkin bolıp, tap usınday esaplawlardı rus alımı S.V.Orlov Galley kometası ushin orınladı. Onıń esaplawları bul kometa Quyash a'tırapında 330 ret aylang'annan son', yag'ınıy shama menen 25 min' jıldan keyin gaz zapasınan tolıq ayrılatusınlıg'ın ma'lim qıldı.

Astronom S.K.Vsexsvyatskiy o'z izertewleri tiykarında da'wirli kometa ha'r dayım Quyashın' qasınan jan'adan o'tip baratırğ'andı onıń jaqtılıg'ının' kemeyetug'ınlıg'ın anıqladı. Bunday da'lil de salıstırmalı qısqa waqıt ishinde kometanın' gaz zapasların' azayıp ketiwinen derek beredi. Tiykarında kometa gaz zapasınan qutulğ'annan keyin de shan'lı quyırq payda qılıp, «shashlı» degen attı bir qansha waqıtqa shekem aqlap ju'redi. Kometanın' pu'tkilley ıdırap ko'zden jog'alıwı basqa bir protsesstin' – mexanikalıq ıdırawdın' aqıbetinde de boladı. Mexanikalıq ıdıraw Quyash janınan o'tip baratırğ'an ju'da' ko'p kometalarda baqlang'an. Mısalı 1846-jılı baqlang'an Biela kometası Quyashqa jaqın aralıqlardan o'tip baratırıp eki bo'lekke bo'lingen. Gezektegi 1857-jılı baqlang'anda bul bo'leklerdin' biri ekinshisinen eki million kilometrge uzaqlasqan ha'm bunnan keyin usı paytlarg'a shekem qanshama tırısıwılg'a qaramastan bul kometa hesh kim ta'repinen baqlanbag'an. 1872- jılı bul kometanın' Jerge ju'da' jaqın aralıqtan o'tiwi payıtında kometa ornında ku'shli «meteor jamg'ırı» baqlang'an (su'wretti karan'ız).

1950-jılı alım D.D.Dubyago ıdırag'an kometa yadroların' meteor ag'ısların' ju'zege keliwindegi tutqan ornın teren' u'yrenip shıqtı. Onıń esaplawların' ko'rsetiwinshe kometa yadrosın «taslap ketken» meteor bo'lekshelerinin' bultı Quyash ta'repinen tu'setug'ın basıw ku'shi ta'sirinde de sozılıp ham ken'eyip baradı ha'm bir neshe min' jılların son' kometa orbitası boyınsha bir tegis bo'linedi. ıdırag'an kometalardıń qaldıqları keleshekte meteor ag'ısların payda etiw da'lillerinde jaqsı tastıyıqlandı. Bunıń ushin ıdırag'an kometa orbitası menen jıllıq da'wir menen qaytalanıp baqlanatug'ın meteor ag'ısların' juldızlar ishindegi ornın salıstırıw jetkilikli. Sonday salıstırıw na'tiyjesinde ha'r jılı avgust ayında ku'sheyetug'ın «meteor

jamg'irları»nın biri - Perseid meteor ag'ımı «1862 III» dep atalg'an ıdırag'an kometa yadrosının' bo'leksheleri ta'repinen payda qılınatug'inlig'ı anıqlandı. Belgili Galley kometası da eki - Orionid dep at alg'an Orion juldız toparıdag'ı ha'm may ayında baqlanatug'in Akvarid juldız toparlarındag'ı meteor ag'ısların ju'zege keltiredi. Usı tu'rdegi «meteor jamg'ırı»nın' ong'a jaqını ilimge ma'lim.



Meteor «jamg'ırı».



Aydarha juldız toparına proektsiyalang'an Drakonid «meteor jamg'ırı».

Meteoritler

Bazda aspannıñ tasları bir qansha u'lken bolıp Jer atmosferası qatlamınan o'tıp baratırğ'anda janıp u'lgermeydi ha'm bolid tu'rinde Jerdin' betine tu'sedi (su'wretti karan'ız). Olar meteoritler degen at penen ataladı. Meteoritler tiykarınan tastan, temirden, tas-temirden ha'm bazı bir muzdan ibarat boladı.

Tariyxta adamlar bir neshe ret aspan denelerinin' Jerge «qıdırıp kelgen» «wa'kili»nin' muzdan ibarat bolğ'anlıg'ın ko'rgen. Tap sonday qubılıstın' biri Kiev oblastında baqlang'an: 1970-jıldın' 8-mayında İagotina qalasında bultsız ashıq hawadan u'lken muz bo'legi Jerge urılıp, bir neshe bo'lekshelerge ıdırap ketken. O'lshep ko'rilgende bo'leklerdin' ulıwmalıq awırlıg'ı 15 kilogrammğa jetken.

Ullı Karl zamanındag'ı qol jazbalardın' birinde bolsa aspannan u'lkenligi sa'l kem u'ydey keletug'in muz bo'leginin' tu'skenligi haqqında jazıladı. 1908-jılı Sibir taygasına «miyman» bolğ'an basqa bir aspan denesinin' neden ibarat bolğ'anlıg'ın anıqlaw alımlar arasında on jıllap sozılğ'an diskussiyalarg'a sebep bolıp, ha'zirge shekem o'z sırın saqlamaqta.

Sibir «miyman» Podkamennaya Tunguska da'ryasının' on' jag'asında jaylasqan Vanovare awılınan ju'z kilometrge jaqın arqa-batısqa ertelep, Quyash biraz ko'terilgende kelip tu'sken. Jerdi ku'shli silkiniwge salıp, planetamızg'a «qa'dem qoyğ'an» bul aspan denesi keyinirek Tungus meteoriti atı menen ilimde ken' tanıldı.



Jerdin' betine tu'sip atırğ'an meteorittin' as-panda qaldırğ'an izi - bolid.

Esaplawlardın' ko'rsetiwinshe planetamızg'a jılına 500 dan artıq bunday taslar kelip tu'sedi. Biraq Jer betinin' shama menen 70 protsenti suw menen qaplang'anlıg'ın itibarg'a alsaq, bul taslardın' 350 ge jaqını ten'iz ha'm okean tu'plerinen orın alıp, izsiz jog'alatug'inlig'ı ma'lim

boladı. Qalg'an qurg'aqlıqqa tu'setug'in 150 tastın' ba'rshesi de adamlar jasaytug'in orınlarg'a tu'se bermeydi. Sonın' ushin aspan «miymanları» n ko'riw ha'r kimge nesip bola bermeydi.

1947-jıldın' 12-fevral ku'ni basqa bir aspan tası - Sixote-Alinsk meteoritinin' tu'siwine Uzaq Shıg'ıstıg'ı İman qalashasında islewshi xudojnik Medvedev gu'wa boldı. Onın' aytıwınsha, otlı shar arqasınan burqırag'an tu'tinli iz qaldırıp ha'm ha'r qıylı ta'replerge ushqınlar atıp, u'iken tezlik penen gorizont ta'repke ushtı. Otlı shar gorizonttan jog'alg'annan keyin ol ta'repten ju'da' ku'shli partlaw dawısı esitildi. Keyingi jılları bul temir meteoritti u'yreniw boyınsha sho'lkemlestirilgen ilimiy ekspeditsiyalar bul «aspan miymanı» nın' Jer betine tu'spesten aldınaraq hawada ıdırag'anlıg'ın ha'm onın' bo'leklerinen payda bolg'an voronkalar bir neshe kvadrat kilometrli maydandı iyelegenligin anıqladı. Payda bolg'an voronkalardıń (uralardıń) diametri 60 santimetrden 28 metrge shekem bolıp, olardan tabılğ'an meteorit bo'leklerinin' awırlıg'ı 1 kilogrammnan 70 kilogrammg'a shekem boldı. Esaplawlar meteorit bo'leklerinin' ulıwmalıq awırlıg'ının' 100 tonnadan kem emes ekenligin ko'rsetti.

Birinshi bolıp aspannan tastın' tu'siwinin' mu'mkin ekenligin Peterburg İlimler akademiyasının' xabarshı ag'zası E.F. Xladniy o'zinin' 1794-jılı basılıp shıqqan «Pallas ta'repinen tabılğ'an temir bo'leginin' kelip shıg'ıwı ha'm ol menen baylanışlı ta'biyat qubılısları haqqında» shıg'armasında ilimiy jaqtan tiykarladı. E.F.Xladniy Krasnoyarsk u'lkesine tu'sken temir meteoritti uzaq waqıt u'yrenip, onın' aspannan tu'skenligine tolıq isenim payda etti ha'm joqarıda tilge alıng'an ilimiy shıg'armanı jazıw menen meteoritikag'a birinshi bolıp tiykar saldı.

Aspan taslarının' Jerge tu'siwi ju'da' a'yyemnen beri baqlang'an bolıp, bul taslar qudaydın' Jerlilerge inamı dep qarar ha'm muqaddes dep esaplanatug'in edi. Sonday aspan «miyman» larının' biri 1514-jılı Germaniyag'a tu'sken tas meteorit bolıp, ol tu'sken oring'a jaqın jaylasqan shirkewge ornاتیлğ'an ha'm qaytadan «aspang'a uship ketpesligi» ushin temir shınjırlar menen baylap qoyılğ'an. Bul shirkew de qudayg'a tabınıwshılar ushin muqaddes oring'a aylang'an.

Jerge tu'sip turatug'in bul taslar qaysı orınlardan keledi degen soraw tuwıladı. Ga'p sonnan ibarat, aspanda ha'r qıylı u'ikenlikke iye bolg'an ha'r qıylı taslar mın'-mın'lap tabılatug'in bolıp, olar da planetalar sıyaqlı Quyashtın' a'tırıpında aylanadı. Olardıń ishinde ha'r qıylı orbitalaları menen birge, orbitaları jalğ'ız bolg'anları da Ko'plep ushıraydı. Mısalı ıdırag'an kometa («quyırqlı juldız») orbitasında mın'lap ha'r qıylı u'ikenliklerdegi aspan deneleri de ushıraydı. Orbitası boyınsha qozg'alatug'in bunday mayda deneler Jerge jaqınnan o'tip baratırıp onın' ku'shli ta'sirine beriledi ha'm o'z «jolların» planetamız ta'repke qaray burıwg'a ma'jbu'r boladı.

Meteorit Jerge urılğ'anda onın' tezligine baylanışlı ha'r qıylı u'ikenliktegi uralar (oyıqtı) payda etedi. Uranın' teren'ligi urılıw ornının' jumsaqlıg'ına da baylanışlı. 1871-jıl 10-dekabrde Banduga (Yava) qasındag'ı sho'l maydang'a tu'sken meteorittin' awırlıg'ı 8 kilogramm bolıp, Jerge 1 metrge shekem kirip ketken. 1910-jıldın' 12- iyulında Sant-Mixel (Finlyandiya) qasına tu'sken aspan tasının' awırlıg'ı bolsa 10 kilogramm bolıp, yarım metr teren'liktegi uranı payda etken. 1948- jılı Norton (Kanzas shtatı) qalası qasındag'ı ma'kke atızına tu'sken aspan deneleri «wa'kili» nin' awırlıg'ı bir tonnag'a jaqın bolıp, payda qılğ'an urasının' teren'ligi u'sh metrge jetti.



Arizona shtatındag'ı sahrag'a tu'sken meteorit-
tin' payda etken krateri
(d = 1300 m, h = 175 m).

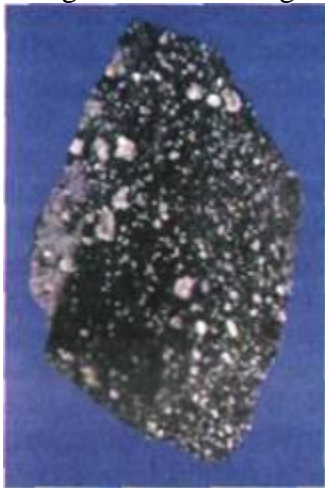
Biraq meteoritler Jer atmosferasına sekundına onlag'an kilometr tezlikke iye halda kirse de hawanın' u'iken qarsılıg'ı olardıń tezden «ha'wirden tu'siredi». Esaplawlardın' ko'rsetiwinshе Jerge urılıw payıtında olardıń ortasha tezligi sekundına 200-300 metrdi quraydı. K.P.Stanyakovish tezligi sekundına 4 kilometrge shekem bolg'an taslardın' Jerge urılıwı partlanıw menen tamam bolatug'inlig'in jaqtan tiykarladı. Partlawg'a meteorit urılıw payıtında krater (ha'wiz) payda etip, onın' bo'lekleri bir neshe kilometrge shekem atılıp ketedi. Tezligi

sekundına 4 kilometrden artıq bolg'an aspan tasının' Jerge urılıwınan ajıralıp shıqqan energiyanın' mug'darı sonday massalı partlawshı zatlardan (partlaw payıtında) ajıralg'an energiyaadan bir neshe ese artıq boladı. Bunday u'lken tezlik penen urılıwshı meteorit energiyanın' bir bo'limi onı tolıq puwlandırıp jiberiwge sarıp etilse, qalg'an bo'limi krater payda qılıw ha'm topıraqtı qızdırıwg'a ketedi. Bunday u'lken tezlikke erisiwshı meteorittin' massası ju'da' u'lken (shama menen 100 tonna) bolıwı esaplawlardan ma'lim. Sonın' ushın da massası 100 tonnadan artıq aspan «miyman»ların Jerde tabıwg'a bolmaydı, olar «avtograf» sıpatında Jerde u'lken kraterler g'ana qaldıradı. Meteorit payda qılğ'an bunday iri kraterlerdin' biri Arizona shtatında (AQSh) tabılğ'an bolıp, onın' diametri 1300 metrge, teren'ligi bolsa 175 metrge jetedi.

1891-jılı bir topar Amerika alımları Arizona shtatı boyınsha saparg'a shıqqanda olar sahra ortasında ju'da' u'lken voronkag'a (urag'a) dus keldi. Voronka a'tirapında 10 kilometrge shekemgi qashılıqqa ılaqtırılğ'an taslardin' tabılıwı, voronka topırag'ının' bir bo'liminin' ezilip untaq topıraqqa aylandırılğ'anlıg'ı ha'm basqa bir bo'liminin' erip bolıp qatpag'a aylang'anlıg'ı tiykarında alımlardin' ta'repinen krater partlawg'a baylanıslı ju'zege kelgen degen juwmaqqa keliwlerine tiykar boldı. Alımlar nabit bolıw ju'z bergen bul orınnan ko'p uzaqta bolmag'an orında jasag'an, a'yyemgi waqıtlardag'ı belgili hind qa'wimlerinin' a'wladlarınan sorastırıp, krater a'tirapı zonasın Alvasti jırası dep atalatug'ınlıg'ın ha'm a'psanalarg'a sa'ykes, «bul Jerge bir waqıtları qudaydın' o'z ot arbasında tu'skenligin» anıqladı. Bunnan son' alımlar krater - aspan tasının' «isi» degen gu'man menen onın' a'tirapın qıdırdı. Na'tiyjede krater qasınan ha'm ha'tte onnan onlag'an kilometrge shekemgi qashılıqlardan meteorit bo'leklerin taptı. Mın'lap tabılğ'an meteorit bo'leklerinin' ulıwmalıq awırlıg'ı 20 tonnadan artıq bolıp shıqtı.

Bunday iri meteorit payda qılğ'an kraterlerden ja'ne biri Texas shtatında tabıldı. Onın' diametri 162 metr bolıp, teren'ligi 5 metrdi quraydı. Krater ha'm onın' a'tirapındag'ı maydanda shama menen bir yarım mın' temir meteorit bo'lekleri tabılğ'an.

1931-jılı Avstraliyanın' Xenberi sho'linde bolsa meteoritler «jamg'ırı» nan payda bolg'an 13 krater tabıldı. Olardan en' u'lkeninin' diametri 165 metr bolıp, teren'ligi 15 metrge jetedi. Kraterlar toparı jaylasqan maydannan shama menen bir yarım mın' meteorit bo'leklerinin' tabılıwı da jergilikli turg'ınlar arasında tarqalg'an «tik jar artında janıp tu'sken Quyash» a'psanası bul kraterlerdin' aspan tasları «bombardirovka» sının' aqıbeti ekenliginen derek beredi. Tabılğ'an taslardin' awırlıg'ı bir neshe kilogrammnan yarım tonnag'a shekem jetedi.



Xenberi sho'linen tabılğ'an meteorit bo'legi.

Ta'biyattın' bunday a'jayıp qubılıslarında bas atqarıwshı sıpatında qatnasqan onlag'an iri meteoritler planetamızdın' ha'r qıylı mu'yeshlerindegi muzey eksponatları qatarınan orın alg'an. Chixuaxuada (Meksika) tabılğ'an Morita dep atalatug'ın tuwrı konus ta'rizli meteorittin' awırlıg'ı 11 tonna bolıp, ha'zir Mexikoda saqlanadı. Argentinanın' Kampo-del-Sʒelo («Juldızlı maydan») maydanında tabılğ'an aspan «wa'kili» nin' awırlıg'ı 13 tonnayı, Amerikanın' ta'biyat tariyxı muzeyinde saqlanıp turg'an 1902-jılı Oregon tog'aylarınan tabılğ'an Villamette temir meteoritinin' awırlıg'ı 14 tonnayı quraydı. Sinszyan (Qıtay) oblastının' Armanti qalashası qasına tu'sken

meteorittin' awırlıg'ı 20 tonna, Tanganikag'a tu'sken Mbozi atlı basqa bir meteorittin' boyı 4 metr shamasında bolıp, eni ha'm qalın'lıg'ı 120 santimetr, awırlıg'ı bolsa 25 tonna. Meksikanın' Sinapoa shtatına tu'sken aspan tası da basqalarından qalıspaydı. Onın' boyı 4 metrdi, eni shama menen 2 metrdi, qalın'lıg'ı bolsa 1 metr 60 santimetrdi qurap, awırlıg'ı 27 tonna shıg'adı. Shıg'ıs Grenlandiyag'a tu'sken meteorit Jerge urılğ'anda bo'leklenip ketti. 1897- jılı Nyu-Yorkqa alıp kelingen ha'm Keyi-York dep atalatug'ın bul meteorittin' u'sh u'lken bo'leklerinin' awırlıg'ı 30 tonna («Palatka»), 3 tonna («Ayol») ha'm 408 kilogramm («İt») nı quraydı.

Planetamızda tabılğ'an iri meteoritler ishindegi en' irisi tu'slik-batıs Afrikag'a «o'kpelew qa'dem» in qılğ'an bolıp, bul temir meteorittin' boyı ha'm uzınlıg'ı shama menen 3 metrden, eni bolsa 1 metrden artıq. Bul gigant temir «miyman» nın' awırlıg'ı 60 tonna! Alım S.Gordonnın' anıqlawı boyınsha meteorit Jer atmosferasına kirmesten aldın 100 tonna shıg'atug'ın bolğ'an.

Joqarıda esletilip o'tilgenindey, meteoritlerdin' adamlar jasaytug'ın aymaqlarg'a tu'siw itimallılıg'ı ju'da' kem. Pu'tin insaniyat tariyxında meteorlardın' 15 danası g'ana adamlar jasaytug'ın orınlarg'a tu'skenligi anıq esapqa alıng'an. Sonnan to'rtewinde adamlar jen'il jaraqatlang'an ha'm kontuziya alg'an.

Ko'rinerlik juldız shaması

Juldızlar - A'lemnin' en' ken' tarqalg'an ob'ektleri dep esaplanadı. Usıg'an baylanısı olardıń fizikalıq ta'biyatın u'yreniw astronomiyadag'ı a'hmiyetli ma'sele bolıp tabıladı.

Juldızlardın' ko'rinerlik jaqtılıqların (jaqtılıq da'rejesin) bir birinen ayırıw ushın astronomiyada juldız shaması degen tu'sinik qabıl etilgen. Jaqtırtqıstın' jaqtılıg'ı onnan Jerge shekem jetip kelgen nurlanıw intensivligi bolıp, ol jaqtırtqıstın' ulıwmalıq nurlanıwının' az g'ana bo'legin quraydı.

Jaqtırtqıshlardın' ko'rinerlik nurlanıw intensivlikleri olardıń nurlanıwdı esapqa alıwshı qabıllag'ıshlarda (ko'z, fotoplastinka, fotoelement ha'm basqalar) payda qılğ'an jaqtırtılğ'anlıg'ına baylanslı anıqlanatuğ'ınlg'ı ma'lim. Astronomiyada jaqtırtqıshlardın' jaqtılıq bergishligi fizikadag'ıday jaqtılıq birliklerinde (lyukslarda) emes, al *juldız shamaları* dep atalıwshı salıstırmalı birliklerde an'latıladı ha'm m ha'ripi menen belgilenedi.

Juldızlardın' jaqtılıq bergishligin juldız shamalarında belgilewdi bizin' eramızdan buring'ı II a'sirde adam ko'zinin' nurg'a sezgiriligine su'yengen halda grek astronomı Gipparx baslap berdi. Ol qabıl qılğ'an shkalag'a sa'ykes bir birinen 1 juldız shamasına parıq qılğ'an juldızlar jaqtılıg'ının' parqı shama menen 2,5 esege tuwrı kelgen.

Ha'zirgi waqıtları juldız shamaların belgilew ilimiy tiykarda, yag'nıy adam ko'zi sezgiriliginin' psixofiziologiyalıq nızamlarına su'yengen halda qabıl etilgen. Bunın' ushın jaqtılıqları bir birinen 100 esege parıq qılıwshı eki juldızdın' juldız shamalarınnı' ayırması sha'rtli ra'wishte bes juldız shamasına ten' dep alıng'an. Juldız shamalarınnı' bul parqı bes juldız shaması intervalı ushın qabıl etilgenlikten bir juldız shamasına tuwrı kelgen eki juldız jaqtılıqları yamasa jaqtılıqlarının' parqı $\sqrt[5]{100} = 2,512$ ge ten' boladı. Juldız shamalarınnı' shkalası m: ..., -5^m , -4^m , -3^m , -2^m , -1^m , 0^m , $+1^m$, $+2^m$, $+3^m$, 4^m , $+5^m$, ... izbe-izlik tu'rinde an'latılıp, ol artqan sayın juldızdan Jerge shekem kelgen intensivlik (jaqtılandırılğ'anlıq) kishireyip baradı. Meyli eki juldızdın' ko'rinerlik juldız shamaları, sa'ykes ra'wishte, m_1 ha'm m_2 , olardıń ko'rinerlik jaqtılıq bergishligin ta'riplewshı shamaları E_1 ha'm E_2 bolsın. Bul jag'dayda

$$E_1 = 100E_2$$

bolg'anlıg'ınan

$$m_2 - m_1 = 5$$

ke ten' boladı. Sonlıqtan, bul eki juldızdın' jaqtılıq bergishliklerinin' qatnası olardıń ko'rinerlik juldız shamaları menen to'mendegidey baylanısta bolatuğ'ınlg'ına an'sat an'law mu'mkin:

$$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{(m_2 - m_1)}$$

yaki bul ten'likin' ha'r eki ta'repin de logarifmlep

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = (m_1 - m_2) * 0,4$$

an'latpasına iye bolamız. Bul an'latpa *Pogson formulası* dep ataladı.

Juwmaqlap aytqanda juldız shamalarınnı' shkalası dep, baqlanatuğ'ın jaqtırtqıshlardın' jaqtılıq bergishlikleri salıstırılatuğ'ın logarifmlik shkalag'a ayıladı.

Adamnıń normal ko'zi 6-shamag'a shekemgi bolg'an juldızlardı ko'redi. Jaqtı juldızlardan Veganın' (Lira juldızlar toparının' en' jaqtılı juldızı) juldız u'lkenligi $+0,04^m$ di, Veneraniki $-4,4^m$ (en' jaqtılı payıtında) di, tolıq Aytiki $-12,5^m$ di, Quyashtiki bolsa $-26,7^m$ di quraydı. Ha'zirgi zaman teleskopları ko'zimiz ko'retuğ'ın a'zzi juldızlardan 100 mln ese a'zzi bolg'an (juldız u'lkenligi $+24^m$, $+25^m$) juldızlardı ko're aladı.

Absolyut juldız shaması

Juldızlardın' ko'rinerlik juldız shamaları olardın' tolıq jaqtılıqların (olardan waqıt birliği ishinde ajralıp shıg'atug'ın tolıq nurlanıw energiyasın' mug'darın) salıstırıwǵa imkaniyat bermeydi. Sebebi birdey jaqtılıqqa iye bolǵ'an ha'r qıylı qashılıqta jatıwshı eki juldızdın' ko'rinerlik juldız shamaları birdey bolmaytug'ınlıǵ'ı aldın'g'ı paragraftan belgili. Sonlıqtan juldızlardın' qashılıqların bilmey turıp olardın' ko'rinerlik shamalarına sa'ykes jaqtılıqların salıstırıwdın' hesh ilajı joq. Bul ma'seleni sheshiw ushın astronomlar barlıq juldızlardı Jerden (yaki Quyashtan) birdey qashılıqqa alıp kelip, juldız shamaların anıqlawdı ha'm keyin usı tiy-karda olardın' haqıyqıy jaqtılıqların salıstırıwdı maqset etip qoydı. Bunday aralıq sıpatında astronomlar 10 parsekli qashılıqtı aldı. Solay etip juldızlardın' bizden 10 parsek qashılıqqa keltiril-gendegi anıqlang'an ko'rinerlik juldız shamaları olardın' *absolyut juldız shamaları* dep atalatug'ın boldı ha'm M ha'ripi menen belgilendi. Bul 10 parsekli standart aralıq shama menen $2 \cdot 10^6$ astronomiyalıq birlikke ten' boladı. Sonlıqtan Quyashtı 10 parsek qashılıqqa alıp barıp qoyg'annan keyingi intensivligi onın' 1 a.b. qashılıqta turg'andag'ı intensivliginen $\frac{1}{(2 \cdot 10^6)^2}$

ese, yag'nıy $4 \cdot 10^{12}$ ese kemeyedi. Intensivliktin' ha'r 100 ese kemeyiwi 5 juldız shamasına tuwrı keletug'ınlıǵ'ın itibarg'a alsa, onda intensivliktin' $4 \cdot 10^{12}$ ese kemeyiwi juldız shamasın' 31,5 ese artıwına alıp keledi. Sonlıqtan 10 pk qashılıqqa «qoyılǵ'an» Quyashtın' ko'rinerlik juldız shaması $-26,7 + 31,5 = 4,8$ ge ten' boladı eken. Basqasha aytqanda, Quyashtın' absolyut juldız shaması

$$M_{\epsilon} = +4,8$$

ge ten' eken.

TSentavr juldız toparının' bizge en' jaqın jaylasqan jaqtılı juldızın' (Proksima) ko'rinerlik juldız shaması $m = 0$ bolıp, Quyashtan uzaqlıǵ'ı 13 pk. Ol 10 pk qashılıqqa alıp kelingende onın' intensivligi $\frac{1}{(1,3)^2} = 8^2 = 64$ ese artadı. Bul juldız shamasın' 4,5 ese kemeyiwine alıp ke-

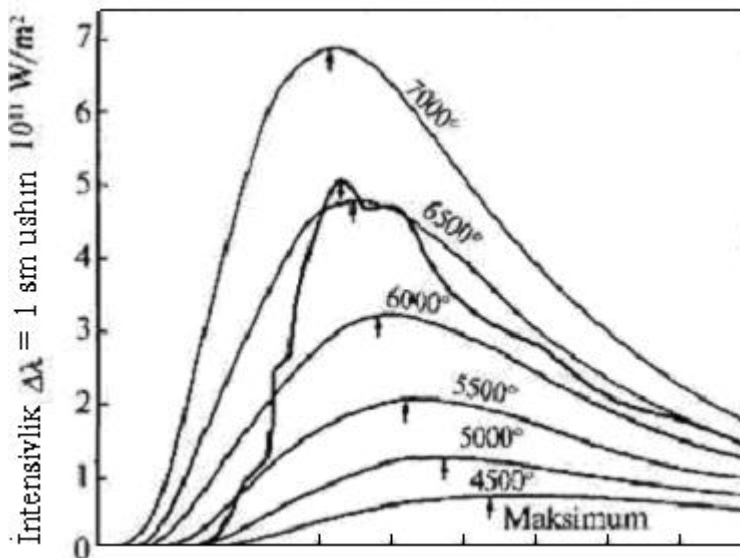
ledi. Demek onın' absolyut juldız shaması $M_{pr} = 0 - 4,5 = -4,5$ boladı. Bunnan ko'rinipturg'anınday, bir juldızdın' ko'rinerlik juldız shaması ha'm og'an shekemgi bolǵ'an aralıq parseklerde berilgen bolsa, onın' absolyut juldız shamasın an'sat anıqlaw mu'mkin eken. Bunın' ushın astronomlar to'mendegidey arnawlı esaplaw formulasın anıqlag'an:

$$M = m + 5 - 5lgr.$$

Bul Jerde r arqalı juldızǵ'a shekemgi parseklerde an'latılǵ'an qashılıq belgilengen.

Juldızlardın' ren'i ha'm temperaturası

Juldızlı aspang'a dıqqat penen qarag'an ha'r bir adam juldızlardın' bir birinen ren'leri menen ayrılatug'ınlıǵ'ın an'sat an'laydı. Ma'lim, temir qızdırılıp atırǵ'anda da'slep toq qızıl ren'ge, keyin temperaturasın' arta beriwi menen aqshıl sarı, sarı ha'm aqırında aq ren'ge iye boladı. Usıǵ'an uqsas juldızlardın' ren'i de olardın' betinin' temperaturaları haqqında belgili mag'lıwmat beredi. Mısalı Quyashtın sarı ren'degi juldız bolıp esaplanadı. Betinin' temperaturası 6000 K a'tirapında. Toq qızıl ren'de ko'rinetug'ın juldızlardın' temperaturası 2500-3000 K, aqshıl sarı ren'degi juldızlardıki 3500-4000 K, aq ren'degi juldızlardın' temperaturası bolsa 17000-18000 K a'tirapında boladı. Aspanda ko'rinetug'ın juldızlar ishinde en' joqarı temperaturalı ko'k-hawa ren'li bolıp, olardın' temperaturaları 25000-50000 K arasında boladı.



Julduzlar spektrindeki energiyanın bo'listiriliwi (iyrek sızıq Quyash ushin).

Julduzlardın' temperaturasını anıqlawdın' bir neshe tu'rli usılı bar. Olardın' biri julduzlardın' spektrindeki energiyanın' tarkalıwın izertlew bolıp tabıladı. Bul jag'dayda nurlanıw energiyanın' maksimumı tuwrı kelgen tolqın uzınlıǵına su'yengen halda Vinnin' awısıw nızamınan paydalanıladı (su'wret):

$$\lambda_{\max} * T = 0,29 \text{ grad*sm.}$$

Sonın' menen birge julduz spektrinin' ha'r qıylı ushastkalarındag'ı nurlanıw energiyanın' ayırmasına sa'ykes astronomlar olardın' anıq ren'in belgilaydi ha'm son'ınan julduzdın' tabılǵ'an bul ren' ko'rsetkishi tiykarında da julduzlardın' temperaturaların anıqlaydı. Julduzlardın' ren'i ko'k ren'ge jaqınlasqan sayın olardın' temperaturaları artıp baradı. Bunday usıllar menen tabılǵ'an julduz temperaturası tek onın' betine tiyisli bolıp, olardın' ishki bo'limine tiyisli temperaturaları julduzlardın' spektri, massası, tıǵ'ızlıǵ'ı ha'm anıqlang'an ishki basımına sa'ykes teoriyalıq esaplawlar ja'rdeminde tabıladı. Bunday jol menen tabılǵ'an julduzlardın' ishki bo'limine ta'n temperaturalar bir neshe millionnan onlag'an million gradusqa shekem (orayında) baradı. Quyashın' orayındag'ı temperatura 16 million gradustı quraydı. Issı julduzlarda bolsa bul shama 100 million gradusqa shekem baradı.

Julduzlardın' jaqtılıq bergishligi

Ko'pshilik julduzlar ko'rinerlik jaqtılıqları menen bir birine usasa da tiyarg'ı ta'biyatları menen bir birinen keskin ayırmalarg'a iye bolatug'ınılıǵ'ı anıqlang'an. Bunın' sebeplerinin' biri olardın' ha'r qıylı qashıqlıqlarda jaylasqanı bolsa, ekinshisi olardın' ha'r qıylı quwatlılıqta nurlanıwında bolıp tabıladı.

Julduzdın' nurlanıw quwatı onın' *jaqtılıq bergishligi* dep atalıp, ol julduzdan bir sekunda bo'linip shıǵ'atug'ın tolıq nurlanıw energiyanı menen xarakterlenedi. Julduzlardın' jaqtılıq bergishligi ko'binese Quyash jaqtılıq bergishligi biriginde an'latıladı. Quyashın' onnan keletug'ın nurlanıw energiyanı sa'ykes tabılǵ'an jaqtılıq bergishligi $3,8 \cdot 10^{26} \text{ W}$ tı quraydı.

Ko'rinerlik julduz shaması m_{ϵ} bolǵ'an Quyashtı (1 a.b. qashıqlıqta) belgili bir r a.b. qashıqlıqqa aparıp qoyılǵ'anda ko'rinerlik julduz shaması m' g'a artıp, olar arasında to'mendegidey qatnas orın aladı:

$$m' = m_{\epsilon} + 5 \lg r_{\text{a.b.}}$$

Tap sonday qashıqlıqta ($r_{a.b.}$) jaylasqan juldızdın' ko'rinerlik juldız shaması m_* ha'm Quyashtın' ko'rinerlik juldız shaması m' arasındag'ı ayırma juldız Quyasqha salıstırğ'anda qan-sha ese ko'p nurlanıw energiyasına, basqasha aytqanda, juldız ha'm Quyashtın' jarıqlıqlarının' qatnası L_*/L_{ϵ} shamasının' qanshag'a ten' ekenligi to'mendegi formula ja'rdeminde tabıladı:

$$m' - m_* = 2,5 \lg(L_*/L_{\epsilon})$$

bul an'latpada

$$\lg(L_*/L_{\epsilon}) = 0,4(m' - m_*) = 0,4(m' - m_* + 5 \lg r_{a.b.}).$$

Demek bul qatnas L_*/L_{ϵ} Quyashtın' penen juldızdın' ko'rinerlik juldız shamaları ha'm juldızg'a shekem bolğ'an qashıqlıqqa (astronomiyalıq birliklerde an'latılğ'an) baylanışlı boladı eken.

Eger Quyashtın' ha'm ıqtıyarlı juldız absolyut juldız shamalarında (M_{ϵ} ha'm M_*) berilgen bol-sa, onda olardıń jarıqlıqlarının' qatnasının' logarifmi mına an'latpadan tabıladı:

$$\lg(L_*/L_{\epsilon}) = 0,4(M_{\epsilon} - M_*).$$

Juldızlardın' jarıqlıqların u'yreniwden olardıń jarıqlıqlarının' 0,0001 Quyashtın' jaqtılıq bergishliginen bir neshe on mın' Quyashtın' jaqtılıq bergishligine shekemgi shegarada o'zgeretug'inlig'in ko'rsetedi.

Ju'da' u'lken jarıqlıqqa iye bolğ'an juldızlar ishinde gigantlar ha'm asa gigantlar ayrıqsha orın iyeleydi. Gigantlardın' bir biri menen salıstırılğ'anda betinin' temperaturası to'men ($3,4 \cdot 10^3$ K) bolğ'an qızıl ren'li bolğ'anlarına *qızıl gigantlar* dep at berilgen. Aldebaran (Savr juldız toparının' en' jariq juldızı), Arktur (Hukizbag'ar juldız toparıdag'ı en' jaqtılı juldız) sıyaqlı juldızlar gigantlardın' qatardag'ı wa'killeri bolıp esaplanadı.

Asa gigantlar bolsa jarıqlıqları Quyashtıkinen on mın' esedey artıq bolğ'an juldızlar bolıp, olardıń ren'i ha'r qıylı boladı. Ko'k ren'degi asa gigantlarg'a misal retinde Rigeldi (arabsha «Rij-A'l-Javzo» so'zlerinin' buzılğ'an forması - «Pahlavonnın' ayag'ı» - Orion juldız toparının' betası); qızıl asa gigantlarg'a - Antaresti (Aqrab juldız toparıdag'ı en' jaqtılı juldız), Betelgeyzeni (arabsha «ibt-al-Javzo» so'zlerinin' buzılğ'an forması - «Pahlavonnın' on' jelkesi» - Orionnın' en' jaqtılı juldızı) keltiriw mu'mkin.

Ha'r qıylı jarıqlıqtag'ı juldızlardın' spektrleri de bir birinen biraz parıq qıladı. Usıǵ'an baylanışlı bazı bir spektrdag'ı sızıqlarg'a sa'ykes onın' jaqtılıq bergishligin bahalaw mu'mkin. Usı jol menen jarıqlıqları anıqlang'an juldızlardın' ko'rinerlik juldız shamaları ja'rdeminde olarg'a shekemgi qashıqlıqlardı anıqlaw mu'mkin boladı. juldızlarg'a shekemgi qashıqlıqlardı anıqlawdın' bul usılı spektrallıq parallaks usılı dep ataladı.

Juldızlardın' spektri ha'm spektrallıq klassları

Astronomlar juldızlarg'a tiyisli bolğ'an a'hmiyetli mag'lıwmatlardı olardıń spektrlerin talqılap qolğ'a kirgizedi. Juldızlardın' spektri, misalı Quyashtın' spektri de sızıqlı jutılıw spektri bolıp, jariq tutas spektrdin' fonında atomlar, ionlar ha'm molekullarg'a tiyisli jutılıw (Fraunhofer) sızıqlarınan turadı.

Juldızlardın' spektrleri bir birinen tolqın uzınlıǵ'ı boyınsha nurlanıw energiyasının' ha'r qıylı shama menen bo'listiriliwine sa'ykes parıqlanadı. Sonın' menen birge bul spektrler olardag'ı atmosferanın' ximiyalıq quramına tiyisli ha'r qıylı elementlerge tiyisli sızıqları ha'm usı sızıqlardıń intensivlikleri menen de bir birinen parıq qıladı.

Temperaturaları bir birine jaqın juldızlardın' ximiyalıq quramı bir birinen keskin parıq qılmaıdı. Juldızlar spektrinde en' ko'p tarqalg'an elementler - vodorod penen geliy bolıp tabıladı. Bul elementlerdin' juldız spektrinde baqlang'an intensivligi bul juldız atmosferasının' fizikalıq halın belgilep, ko'p ta'repten onın' temperaturasına baylanışlı boladı.

Juldızlardın' spektrları jeti tiykarg'ı spektrallıq klasslarg'a bo'lingen. Olar latin a'lipbesinde an'latılıp to'mendegi ta'rtipte jaylasadı: O-B-A-F-G-K-M. Belgili bir klassqa toplanğ'an

spektrler o'z gevezinde ja'ne on kishi klasslarga bo'lingan. Misali, A klassi juldizlari A1, A2, A3 < ... A9 kishi klasslarga bo'lingan (Quyash o'z spektrina sa'ykes G2 klassina kiredi).

Klasslar izbe-izligi, en' da'slep, juldizlarning temperaturasi ha'm ren'leri izbe-izliginde o'z ornin tabadi. Salistirmali salqin - qizil juldizlarning spektrinde neytral atomlarning ha'm ha'tte molekularliq birikpelerdin' sizliqlari ko'p ushiraydi, al, issi hawa ren'li juldizlarning spektrinde ionlasqan atomlarning sizliqlari ko'plep ushiraydi.

Sol klassqa kiritilshi juldizlarning spektrinde ionlasqan geliy, uglerod, azot ha'm kislorodtning intensiv jutiliw sizliqlari, sonday-aq spektrdning ultrafiol bo'limindegi ayirim ximiyaliq elementler atomlarining ko'p ese ionlasqan sizliqlari da ushiraydi. Hawa ren'li bunday juldizlarning temperaturasi 25000-30000 gradusqa shekem jetedi.

B klassqa kiritilshi juldizlarning spektrinde neytral geliy sizliqlari ju'da' intensivli boladi. Aq-ko'gis ren'degi bunday juldizlarning temperaturasi 17000 K a'tirapinda.

A klassqa kiritilshi juldizlarning spektrinde vodorodning jutiliw sizliqlari intensivli bolip, juldiz betinde temperaturasi 11000 K boladi.

F klassqa kiritilshi juldizlarning spektrinde vodorod sizliqlari ku'shsizlenip, kaltsiydin' ionlasqan sizliqlari intensivli boladi. Ashiq sarg'ish ren'li, temperaturasi 7000 K.

G klassqa kiritilshi juldizlarning spektrinde (sonin' ishinde, Quyash spektrinde) metallarga tiyisli neytral ha'm toliq emes ionlasqan atomlarning sizliqlari intensivli ha'm ken' tarqalg'an. Vodorodning sizliqlari bir qansha ku'shsizlengen (intensivligi pa'seygen) boladi. Temperaturasi 6000 K.

K klassqa kiritilshi juldizlar spektrinde metallarning jutiliw sizliqlari menen birge molekulyar birikpelerdin' de sizliqlari baqlanadi. Ren'i aqshil sari, temperaturasi 3500 K.

M klassqa kiritilshi juldizlarning spektrinde bolsa molekularlarning spektral jolaqlari (ayriqsha titan oksidine tiyisli) intensivli tu'rde tu's aladi. Qizil ren'li, temperaturasi 2500 K.

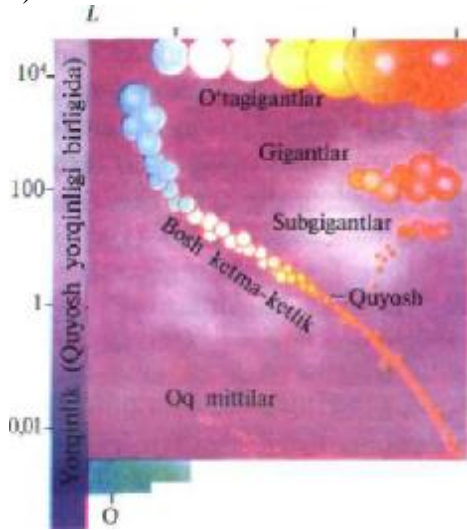
Juldizlarning spektrinin' ha'r qiyli boliw olarning atmosferasindagi fizikalik sharayatqa, ximiyaliq quraminin' ha'r qiyiligi'na ha'm (en' a'hmietlisi) ha'r qiyli temperaturaga iye ekenlikleri menen tu'sindiriledi. Juldizlarning temperaturasi artqan sayin onin' atmosferasindagi molekular atomlarga bo'linedi. Bunnan da joqari temperaturada atomlar da bo'leklerge bo'linip, elektronlarin jog'altadi ha'm ionlarga aylanadi. Bul na'rse juldizlarning spektralliq klasslarinin' o'zgesheliklerinen an'sat ko'rinedi.

Spektr-jaqtılıqlıq diagramması

Juldizlarning spektralliq klasslari ha'm olarning temperaturalari arasinda baylanistin' bar ekenligi baqlawlardan ma'lim boldi. Sonday-aq, juldizlarning jaqtılıqlig'ı olarning absolyut juldiz shamalari arqali an'latılıwının da mu'mkin ekenligi aniq bolg'annan son' alimlar o'z gevezinde bul eki baylanislar arasinda da baylanistin' boliwı kerek degen gu'man menen onı izlewge kiriti. Bunday baylanisti bir birinen baylanissız halda XX a'sirdin' baslarında Daniyalıq astronom Gertsshprung ha'm Amerikalıq astrofizik Ressel anıqladı. Olar juldizlarning jaqtılıqlıqlari ha'm spektralliq klasslari arasindagi baylanisti xarakterlewshi grafikni aldı. Belgili bolıwınsha, eger koordinata ko'sherlerinin' biri boyınsha juldizlarning spektralliq klassların, ekinshisi boyınsha olarning absolyut juldiz shamalari qoyılsa, juldizlarning bul parametrleri arasindagi baylanisları bir neshe toparg'a ajralg'an haldagi grafik payda boladı eken. Bunday baylanislardı ta'riplewshi diagramma keyinirek spektr-jaqtılıqlıq yamasa Gertsshprung-Ressel diagramması dep atalg'an. Spektr-jaqtılıqlıq diagrammasında juldizlarning absolyut juldiz shamalarına parallel ko'sherde logarifmlik shkalada juldizlarning jaqtılıqlıqlari (Quyash jaqtılıqlig'ı biriginde, $L_{\odot} = 1$), spektralliq klasslar ko'sherine parallel ko'sherde bolsa olarning ren' ko'rsetkishlerin yamasa effektivli temperaturaların alıw mu'mkin (su'wrette berilgen).

Gertsshprung-Ressel diagramması ulıwmalıq fizikalıq ta'biyatqa iye bolg'an juldizlardı ha'r qiyli toparlarga ajratıp, olarning temperaturasi, jaqtılıqlig'ı, spektral klassi ha'm absolyut shamalari sıyaqlı parametrleri arasindagi baylanislardı anıqlawga imkaniyat беретug'ın ha'm juldizlar fizikasın u'yreniwde a'hmietli orın tutatug'ın diagramma bolıp esaplanadı.

Bul diagrammada juldızlardın' tiykarg'ı bo'limi bas izbe-izlik dep atalıwshı iymeklik boyınsha jaylasıp, onın' shep bo'liminde jaqtılıqlıqları joqarı bolg'an baslang'ısh spektral klasslarga tiyisli juldızlar jaylasadı. On' ta'repke barg'an sayın juldızlardın' jaqtılıqlıqları (sonlıqtan, temperaturaları) to'menlep, keyingi klasslarga tiyisli juldızlar (bas izbe-izlik iymekliginen) orın aladı.



Spektr-jaqtılıq bergishlik diagramması.

Bas izbe-izlik iymekliginen joqarıda salıstırmalı to'men temperaturalı, biraq diametri ju'da' u'lken ha'm sonın' ushın da joqarı jaqtılıqlıqlıqqa iye bolg'an absolyut juldız shamaları -4^m , -5^m li asa gigant ha'm gigant (absolyut juldız shamaları 0^m a'tırıpında) juldızlar jaylasadı. Diagrammanın' to'mengi bo'liminde tiykarınan A spektral klassına ha'm salıstırmalı kem jaqtılıqlıqlıqqa iye bolg'an o'z aldına topar - kishi juldızlar jaylasadı.

Diagrammada juldızlardın' bir tegis bo'linbegenligi olardıń jaqtılıqlıqları ha'm temperaturaları arasında sezilerli baylanıs bar ekenliginen derek beredi. Bul baylanıs, ayırıqsha, bas izbe-izlikke tiyisli juldızlarda jaqsı ko'rinedi.

Biraq juldızlardın' jaqtılıqlıqları ha'm spektrallıq klassları arasındag'ı baylanıstı itibar menen u'yreniw diagrammada bas izbe-izlikten basqa ja'ne de bir neshe izbe-izliklerdin' ashılıwına alıp keledi. Bul izbe-izlikler *jaqtılıqlıq klassları* dep ataladı ha'm olar I den VII ge shekem rim tsifraları menen belgilenedi (111-su'wret). Bul tsifralar bolsa o'z gezeginde juldızdın' spektrallıq klassınan keyin qoyıladı.

Jaqtılıqlıq klassları boyınsha juldızlar to'mendegidey gruppalarğa bo'linedi:

I klass - asa gigantlar. Bul juldızlar Gertsshpung-Ressel diagrammasının' joqarı bo'liminen orın alıp, o'zleri de ja'ne bir neshe izbe-izliklerge (I_{ao} , I_a , ha'm I_b) bo'linedi.

II klass - jaqtı gigantlar;

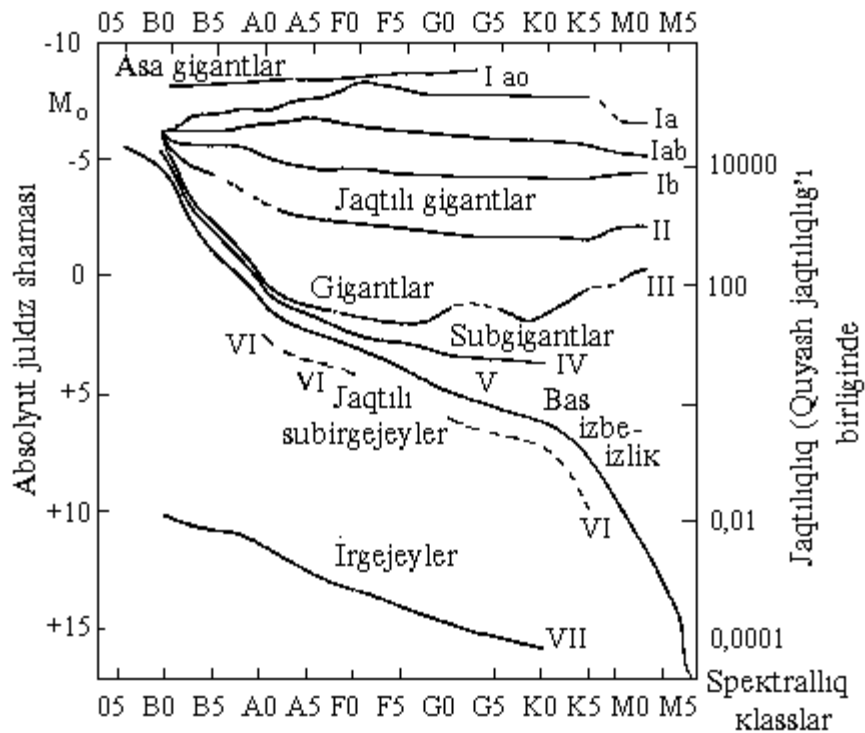
III klass - gigantlar;

IV klass - subgigantlar;

V klass - bas izbe-izlik juldızları;

VI klass - jaqtı subirgejeyder. Bas izbe-izlikten shama menen bir juldız shamasına pariqlılıp, onın' astınan orın aladı.

VII klass - aq kishi juldızlar. Diagrammanın' to'mengi bo'liminen orın alıwshı juldızlar bolıp tabıladı.



Julduzlardın' jaqtılıqlıq klassları.

Bir juldızdı belgili bir jaqtılıqlıq klassına tiyisiligi spektrallıq klasstın' arnawlı belgileri arqalı anıqlanadı. Mısalı, asa gigantlardın' spektri spektrinde ken' sıızıqlar bolg'an aq kishi juldızlardın' spektrinen parıq qılıp, jin'ishke ha'm konturı ju'da' teren' (intensivligi joqarı) spektrallıq sıızıqlarg'a iye boladı. Belgili bir spektrallıq klassqa tiyisli kishi juldızlardın' tap sonday spektrallıq klasstag'ı gigantlardan parqı sonnan ibarat, kishi juldızlardın' spektrinde ayırım metallardın' sıızıqları gigantlartikine salıstırğ'anda ku'shsız boladı, biraq basqa bir metallarg'a tiyisli sıızıqlardın' intensivlikleri ju'da' az parıq qıladı.

Juldızlardın' spektrallıq klassları olardın' jaqtılıqlıq klassları menen qosıp u'yrenilgende juldızlardın' absolyut shamaların anıqlawg'a imkanıyat beredi. Juldızlardın' anıqlang'an absolyut juldız shamaları bolsa o'z gezeginde juldızlarg'a shekemgi qashıqlıqlardı anıqlawg'a imkanıyat beredi.

Juldızar jaqtılıq bergishliginin' olardın' spektrindegi anıq sıızıqlar intensivliklerinin' qatnasına emperikalıq baylanıslılıg'ına tiykarlang'an juldızlarg'a shekemgi qashıqlıqlardı anıqlaw metodu joqarıda esletilgendey spektrallıq parallaks metodu dep ataladı.

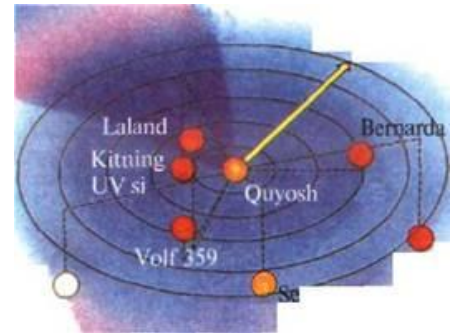
Spektrallıq parallaks metodının' trigonometriyalıq metodlardan a'piwayılıg'ı sonnan ibarat, spektrallıq parallaks ju'da' u'lken qashıqlıqlarda jaylasqan ha'm spektrlerin alıw imkanıyatı bolg'an barlıq jaqtırtqıshlardın' qashıqlıqların anıqlawg'a imkanıyat beredi.

Jılıq parallaks ha'm juldızlarg'a shekemgi qashıqlıqlardı anıqlaw

Juldızlarg'a shekemgi qashıqlıqtı anıqlaw olardın' jılıq parallakslıq jılıwlarına tiykarlanadı. Quıyash a'tırapında radiusı shama menen 150 million kilometrli shen'ber boyınsha qozg'alatug'ın Jerdegi baqlawshı salıstırmalı jaqın qashıqlıqlardag'ı juldızlardın' uzaqtag'ı juldızar fonında jılıp, bir jıl ishinde shen'ber (juldız Jer orbitası tegisligine perpendikulyar bag'darda jaylasqanda), ellips (juldız Jer orbita tegisligine mu'yesh jasap jaylasqanda) sıızıwın baqlaydı.



Juldızlardıń jıllıq parallaksı.



Quyashdan 10 jaqtılıq jılına ten' qashıqlıqqa shekem jaylasqan juldızlar.

Jaqtırtqıstın' parallaksıq jıljıwı dep ju'rgiziliwshi bunday sızıqlardıń (shen'ber yamasa ellips) mu'yeshlik o'lshegi juldızdın' uzaqlıg'ına sa'ykes ha'r qıylı u'kenlikte bolıp, ol bul jaqtırtqıstın qaralg'anda qaraw sızıg'ına perpendikulyar bolg'an Jer orbitası radiusının' ko'rinerlik mu'yeshi π di o'lshege imkaniyat beredi (112-su'wret). Jaqtırtqıstın' jıllıq parallaksı dep atalıwshi bul π mu'yesh bolsa o'z gezeginde usı jaqtırtqıstın' Quyash sistemasınan (demek, Jerden) uzaqlıg'ın o'lshege imkaniyat beredi. Ten' ta'repli tuwrı mu'yeshli u'sh mu'yeshlik QEM nen

$$\sin \pi'' = \frac{r}{l} \quad \text{ямака} \quad l = \frac{r}{\sin \pi''}.$$

Bul an'latpada r Jer orbitasının' radiusın, l bolsa jaqtırtqıshqa shekem qashıqlıqtı ta'ripleydi. Jıllıq parallaks mu'yeshi π ju'da' kishi bolıp, mu'yeshlik sekundtın' u'leslerinde o'lshegenlikten jaqtırtqıshqa shekemgi aralıq ($r =$ a.b): $l = \frac{r}{\pi \sin 1''} = \frac{1 \cdot 206265}{\pi}$ a.b formulası ja'rdeminde esaplanadı. Eger aralıq parseklerde o'lshege $l = \frac{1}{\pi''}$ boladı.

Birinshi ret 1886-jılı sonday usıl menen Veganın' (Liranın' alfası) jıllıq parallaksı o'lshegi, bul juldızg'a shekem qashıqlıqtı belgili Pulkovo (Rossiya) observatoriyasının' tiykarın salıwshi V.Ya.Struve anıqladı. Bunday usıl menen salıstırmalı jaqın ($\pi \geq 0,01''$) juldızlarg'a shekemgi qashıqlıqlar anıqlanadı. Sonday usıl menen qashıqlıg'ı o'lshegen Quyashdan 10 jaqtılıq jılına shekemgi qashıqlıqta jatqan juldızlar su'wrette keltirilgen. Ju'da' uzaqtıg'ı juldızlarg'a shekemgi aralıq bolsa olardıń ko'rinerlik ha'm absolyut shamaları (m , M) tiykarında $\lg r = \frac{m - M}{5} + 1$ (pk) formulası ja'rdeminde tabıladı.

Juldızlardıń o'lshegi esaplaw

Juldızlar ju'da' uzaq qashıqlıqta bolg'anlıqtan en' iri teleskoplar arqalı qaralg'anda da olar tiykarınan noqat ta'rizli bolıp ko'rinedi. Tek ayırım juldızlardıń mu'yeshlik o'lshegi g'ana arawlı teleskoplar - juldız interferometrleri ja'rdeminde o'lshegi ilajı bar.

Juldızdın' bul usıl menen anıqlang'an ko'rinerlik diametri (d''), og'an shekemgi aralıq L ma'lim bolg'anda juldızdın' sızıqlı o'lshegi (diametri) D mına an'latpadan tabıladı $D = L \cdot \sin d''$. Biraq ko'pshilik juldızlar noqat tu'rında bolg'anınan olardıń o'lshegi tabıw ushın basqa usıldan paydalanadı.

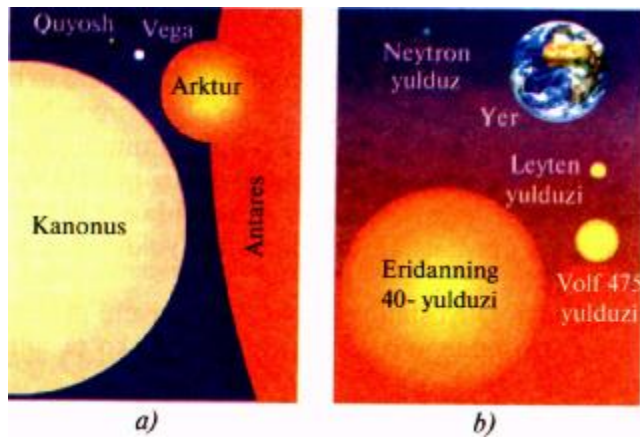
Ma'lim, juldızlardı absolyut qara dene dep qarap olardıń tolıq nurlanıw quwatın Stefan-Boltsman nızamına sa'ykes $L_* = S_* \cdot \sigma T_*^4$ dep jazıw mu'mkin. Bul Jerde σ Stefan-Boltsman turaqlısı $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$, S_* juldızdın' beti (shar beti), T_* betinin' temperaturası. Shar

beti $S = 4\pi R^2$ bolg'anlıqtan juldızlardın' jaqtılıq bergishligi $L_* = 4\pi R_*^2 \cdot \sigma T_*^2$ boladı. Eger bul an'latpanı Quıyash ushın jazsaq $L_{\epsilon} = 4\pi R_{\epsilon}^2 \cdot \sigma T_{\epsilon}^4$ rke iye bolamız. Bul an'latpalardıń sa'ykes ta'replerinin' qatnasın alsaq $\frac{L_*}{L_8} = \left(\frac{T_*}{T_8}\right)^4 \left(\frac{R_*}{R_8}\right)^2$ an'latpasına iye bolamız.

Juldızdın' jaqtılıq bergishligi L_* ha'm temperaturasını basqa jollar menen anıqlap, onın' radiusın Quıyash radiusı birliklerinde ($R_{\epsilon} = 1$) joqarıdag'ı ten'likten tapsaq, onda

$$\lg R_* = \frac{1}{2} \lg \frac{L_*}{L_8} - 2 \lg \frac{T_*}{T_8}$$

boladı.



Quıyashtın' o'lishemi gigant juldızlar (a) ha'm Jer o'lishemindegi kishi juldızlar (b) menen salıstırğ'anda.

Quıyashtın' radiusı onın' ko'rinerlik radiusına ($\rho = 16'$) sa'ykes

$$\text{tg} \rho = \frac{R_8}{\Delta}$$

bul jerde $\Delta = 1,5 \cdot 10^{11}$ m Quıyashtan Jerge shekemgi ortasha qashıqlıq. Bul jag'dayda Quıyashtın' radiusı:

$$R_{\epsilon} = 1,5 \cdot 10^{11} \cdot \text{tg} 16' \approx 7 \cdot 10^8 \text{ m}$$

yaki shama menen 700000 kilometrge ten'.

Gigant ha'm asa gigant juldızlar ishinde radiusı Quıyashtın' radiusınan mın' ese u'lkenleri ushıraydı. Tsefey juldız toparındag'ı VV dep atalg'an juldızdın' radiusı Quıyashtıkinen 6000 ese u'lken. U'lken İyt juldız toparının' en' jarıq juldızı Siriustın' radiusı Quıyashtıkinen 2 ese u'lken, yag'nıy 1400000 km. Bazı bir juldızlar bolsa, kerisinshe, Quıyashtan bir neshe onlag'an ese kishi ha'm diametrleri planetaniki sıyaqlı tek bir neshe mın' kilometrdi quraydı. Bunday juldızlardın' ko'pshiligi aq ren'de bolıp, olardı aq irgejeıyliler dep ataydı. su'wrette qızıl gigantlar menen aq irgejeıylilerdin' o'lishemleri Quıyashtın' ha'm Jerdin' o'lishemleri menen salıstırılğ'an.

Juldızlardın' massaların esaplaw

Juldızlardı ta'riplewshi en' a'hmiyetli shamalardıń biri olardıń massaları bolıp tabıladı. Juldızlarg'a tiyisli ko'plegen parametrler qandayda bir da'rejede massalarına baylanisli bolıp tabıladı. Basqa parametrlerinen parqı sonnan ibarat, juldızlardın' massaların anıqlaw en' quramalı ma'selelerdin' qatarına kiredi. Eger juldızdın' a'tirapında joldası bolsa, onda juldızdın' og'an tu'siretug'm gravitatsiyalıq ta'siri tiykarında juldızdın' massasını anıqlaw mu'mkin.

Usınday jol menen Quıyashtın' a'tirapında aylanıwshı planetalardıń da'wirleri de Quıyashtan ortasha qashıqlıqlarına baylanisli anıqlang'an Quıyashtın' massası $2 \cdot 10^{30}$ kg dı quraydı.

Juldızlar a'tirapında olardıń joldaslarının' ko'pshilik bolıwına baylanisli (ayırımların esapqa almag'anda) bul usıl menen olardıń massaların anıqlawdın' ilajı joq. Biraq ko'p jag'daylarda juldızlar qos halda ushırasıp, olardıń ulıwmalıq massa orayı a'tirapında aylanıw da'wirlerine sa'ykes massaların esaplawdın' imkaniyatı bar. Bul jag'dayda Keplerdin' Nyuton ta'repinen

aniqlaw kirgizilgen nızamınan paydalanıladı. Qos juldızlardın' bul usıl menen aniqlang'an massaları esaplawlardın' ko'rsetiwinshe 0,1 Quyash massasınan 100 Quyash massasına shekem boladı eken. Massaları 10-50 M_{\odot} shegarasında bolg'an juldızlar salıstırmalı kem ushıraydı.

En' kishi massalı juldızlardın' o'zi de planetalardıń massasınan ju'zlegen ese artıq massag'a iye. 0,1 Quyash massasınan kishi «juldızlar» jaqtılıq nurlarında nurlana almaydı, yag'nıy juldız sıpatında ko'rinetug'ın bola almaydı.

Massaları aniqlang'an juldızlardı olardıń jaqtılıqlıqları menen salıstırıp u'yreniw na'tiyjesinde bul eki fizikalıq shamalar arasında baylanıstın' bar ekenligi aniqlandı: juldızdın' jaqtılıqlıg'ı onın' massasınan' shama menen to'rtinshi da'rejesine proporsional eken, yag'nıy:

$$\frac{L_*}{L_{\odot}} = \left(\frac{M_*}{M_{\odot}} \right)^4.$$

Bul an'latpadan ko'rinip turg'anınday juldız Quyashtan u'sh ese artıq massag'a iye bolsa onın' jaqtılıq bergishligi Quyashtıkinen 81 ese artıq boladı eken.

Massa ha'm jaqtılıqlıq arasındag'ı bunday baylanıs tiykarında jaqtılıqlıqları aniqlang'an juldızlardın' massaların tabıw mu'mkin. Bul ha'zirge shekemgi waqıtlarda astronomiyada joldası aniqlanbag'an yamasa Qos sistemanı quramaytug'ın jeke juldızlardın' massaların aniqlawdın' birden bir jolı bolıp esaplanadı.

Qos juldızlar

Birinshi ret qarag'anda aspanda juldızlar jeke tu'rinde jasaytug'ın bolıp ko'rinse de olardıń ko'pshiligi tiykarınan ekiden, u'shten yamasa onnan da ko'birek sanda bir biri menen dinamikalıq baylanısqa halda jasaydı. Olar ishinde ayırıqsha qos juldızlar (yag'nıy jup haldag'ıları) ko'birek ushıraydı. Biraq qos bolıp ko'ringen juldızlardın' ha'mmesi de qos bola bermeydi. Olardıń ishinde ha'r qıylı qashıqlıqlarda jaylasıp, o'z-ara hesh bir dinamikalıq baylanıspag'an ha'm belgili bir qaraw sızig'ı janında jatqanlarınan aspanda bir birine jaqınday bolıp ko'rinetug'ınları da ko'p boladı. Bunday juldızlar *optikalıq qos juldızlar* dep ataladı. Bizdi o'z-ara dinamikalıq baylanısqa *haqıyqıy* yamasa ilimiy til menen aytqanda *fizikalıq qos juldızlar* qızıqtıradı.

Eger fizikalıq qos juldızlardın' qurawshıları quwatlı teleskop penen qaralg'anda bir birinen tikkeley ajratıp ko'riw mu'mkin bolg'an mu'yeshlik qashıqlıqta jaylasqa bolsa olardı *vizual qos juldızlar* dep ataydı. Bir birine salıstırg'anda ju'da' kishi mu'yeshlik qashıqlıqlarda jaylasqa qos juldızlardı o'z aldına ajratıp ko'riwdin' hesh ilajı joq bolıp, olardıń qos ekenligi fotometrik yamasa spektrallıq usıllar ja'rdeminde aniqlanadı. Sog'an baylanıslı olar sa'ykes ra'wishte *tutılıwshı qos juldızlar* ha'm *spektrallıq qos juldızlar* dep ataladı.

Vizual qos juldızg'a misal retinde ko'pshilikke jaqsı tanıs bolg'an u'lken Jetti karaqshı (Sho'mish) juldız toparıdag'ı «sho'mish rushkası» nın' aqırınan sanag'anda ekinshi juldızın alıw mu'mkin. A'yyemgi waqıtları arablar ol juldızg'a Alqor (Shabandoz) dep at qoyg'an. Onın' qasındag'ı ko'zge zorg'a ko'rinetug'ın juldızshını Mitsar dep atag'an. Bul eki juldız o'z-ara dinamikalıq baylanıstag'ı vizual qos juldız bolıp tabıladı. Olardıń arası tek 11' ke ten'. A'dettegi dala du'rmiyini arqalı vizual qos juldızlardın' ko'pshiligin ko'riw mu'mkin (su'wrette keltirilgen). Bunnan keyingi su'wrette vizual qos juldızlardın' wa'kili U'lken Jetti karaqshının' ξ inin' tiykarıg'ı juldızg'a salıstırg'anda baqlang'an joldastın' orbitası keltirilgen.

Tutılıwshı qos juldızlardın' qatardag'ı wa'kili a'yyemgi waqıtları arablar aniqlag'an ha'm Algul («Devtin' ko'zi» mag'anasın beredi) dep atag'an Persey juldız toparının' β juldızı bolıp tabıladı. Bul qos juldızlardın' orbita tegisliklerinin' qaraw sızig'ı boylap jatqanlıg'ınan, ulıwmalıq massa orayı a'tırıpında shen'ber boyınsha aylanıw barısında olar bir birinin' aldınan o'tedi ha'm na'tiyjede juldızdın' jaqtılıg'ı da'wirli ra'wishte (3 sutkalıq) o'zgerip, olardıń qos ekenliginen derek beredi (su'wrette ko'rsetilgen).

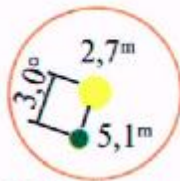
Al spektrallıq qos juldızlardın' qos ekenlikleri olardıń bir birinin' u'stine tu'sken spektrlerindegi ulıwmalıq sıziqlardıń (ha'r eki juldız spektrinde de bar sıziqlardıń) bir birine

salıstırg'anda da'wirli jıljıwınan (juldızlardın' bir birine salıstırg'andag'ı qozg'alg'anlıg'ına baylanıslı) bilinedi.

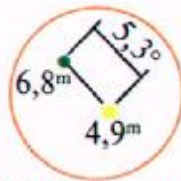
Andromedanın' γ s1.	Qurbaqanın' ε s1.	Qurbaqanın' ξ juldızı.	Ju'giriwshi tazılardıń' α s1.
Saratannın' ι juldızı.	Kassiopeyanın' η s1.	Aqquwdın' β s1.	Delfinnin' γ s1.
Yavzonnnın' κ s1.	Gerkulestin' α s1.	Gerkulestin' δ s1.	Perseydin' η s1.
		Aqrabtn' δ s1.	Aqrabtn' β s1.



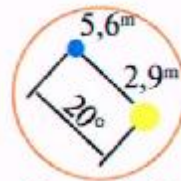
Andromeda-
ning γ si



Ho'kizboqar-
ning ε si



Ho'kizboqar-
ning ξ si



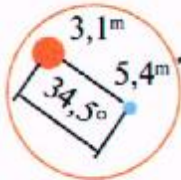
Yugurivchi
tozilarning α si



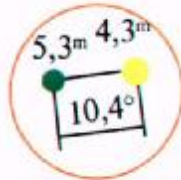
Saratonning
 ι si



Kassiopeya-
ning η si



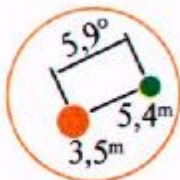
Oqqushning
 β si



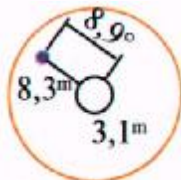
Delfinning
 γ si



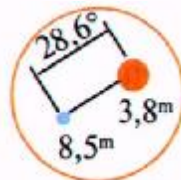
Javzonning
 κ si



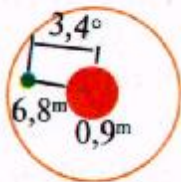
Gerkulesning
 α si



Gerkulesning
 δ si



Perseyning
 η si

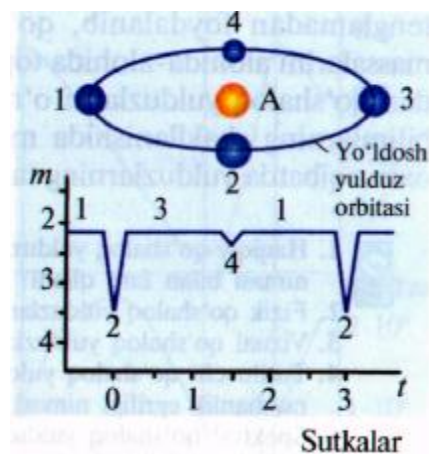
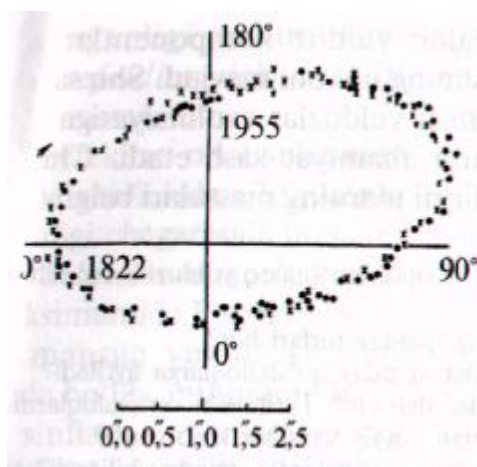


Aqrabning
 δ si



Aqrabning
 β si

Tanısq juldızlar du'rkinlerinde baqlanatuǵ'ın qos juldızlar (Juldız shamaları ha'm o'z-ara mu'yeshlik qashıqlıqlar berilgen).



Vizual qos juldızdın' (U'iken Jeti qaraqshının' Tutılıwshı qos juldız (Algol - Perseydin' β s1). ξ s1) orbitası.

Ko'pshilik qos juldızlardın' haqıyqıy qos juldız ba yamasa optikalıq qos juldız ba ekenligin anıqlaw ushın olardıń qozg'alısların uzaq jıllar baqlawg'a tuwrı keledi. Haqıyqıy qos juldızlar qurawshılarının' jeke qozg'alıslarının' derlik birdey ko'riniwinde boladı. Ha'zirge shekem ha'r qıylı metodlar ja'rdeminde tabılǵ'an tıǵ'ız Qos juldızlardın' sanı onlag'an mın'dı quraydı. Olardan 10% g'a jaqınınıń salıstırmalı (bas juldızg'a salıstırǵ'andag'ı) orbitaları anıqlang'an.

Qos juldızlardın' qurawshıları ken'islikte Kepler nızamlarına boysıng'an halda qozg'alıp, olardıń ekewi de olardıń ulıwmalıq massaları orayı a'tırapında bir birine uqsas ellipsler boyınsha qozg'aladı. Qızıǵ'ı sonnan ibarat, joldas juldızdın' bas juldız a'tırapındag'ı salıstırmalı qozg'alıs traektoriyası da tek sonday ekstsentritetli ellipsten ibarat boladı. Payda bolǵ'an bunday ellipstin' u'iken yarım ko'sheri qurawshı juldızlardın' ellips ta'rizli orbitalarının' u'iken yarım ko'sherlerinin' qosındısınan ibarat boladı.

Eger qos juldızlardın' ulıwmalıq massa orayına salıstırǵ'andag'ı orbitalarının' u'iken yarım ko'sherlerinin' qatnası ma'lim bolsa, usı tiykarda olardıń massaların' qatnasın anıqlaw mu'mkin. Sonın' menen birge joldas juldızdın' orbitasınıń u'iken yarım ko'sheri tiykarında Keplerdin' ulıwmalasqan 3-nızamınan paydalanıp juldızlar massaların' qosındısın da tabıw mu'mkin. Sonlıqtan bul eki ten'lemeden paydalanıp qos juldız qurawshılarının' massaların' o'z aldına tabıwdın' imkaniyatı bar. Usı sebepten qos juldızlardı u'yreniw juldızlar evolyutsiyasına ta'n bilimlerden' qa'liplesiwinde a'hmiyetli orındı iyeleydi. Sebebi aqır-ayag'ında juldızlardın' ta'g'dirin olardıń massaları belgileydi.

Fizikalıq o'zgeriwshi juldızlar

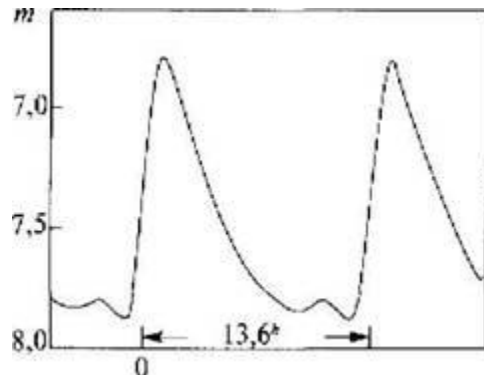
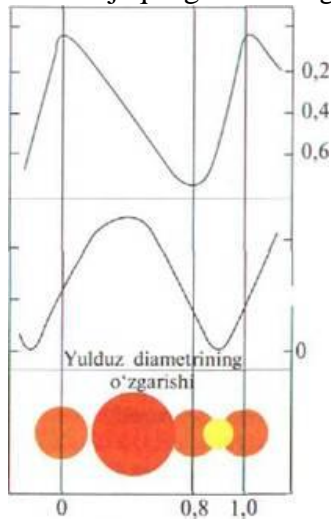
Fizikalıq o'zgeriwshi juldızlardın' jaqtılıqlarının' o'zgeriwiniń tutılıwshı qos juldızlar jaqtılıqlarının' da'wirli o'zgeriwinen parqı usı juldızlardın' qorında o'tetug'ın fizikalıq protsesslerge baylanıslı payda boladı. Fizikalıq o'zgeriwshi juldızlar jaqtılıǵ'ın o'zgeriw xarakterine baylanıslı pulsatsiyalanıwshı ha'm eruptiv o'zgeriwshi juldızlarg'a bo'linedi.

1. Pulsatsiyalanıwshı o'zgeriwshi juldızlar – jaqtılıǵ'ın bir qa'lipli o'zgeriw menen xarakterlenedi. Bunday o'zgeriwshi juldızlar jaqtılıqlarının' o'zgeriw tiykarınan olardıń bet qatlamlarının' pulsatsiyalanıwınıń saldarınan bolǵ'anı ushın da olar sonday dep ataladı. Pulsatsiyalanıwg'a baylanıslı bunday juldızlardın' radiusları artıp atırǵ'anda olardıń jaqtılıqlıǵ'ı ha'm temperaturası maksimumg'a erisedi. Kerisinshe kishireyiw barısında (yag'nıy juldız qısılıp atırǵ'anda) bolsa jaqtılıqlıǵ'ı ha'm temperaturası to'menleydi. Pulsatsiyalanıwshı o'zgeriwshi juldızlar da'wirlerinin' uzınlıǵ'ı ha'm jaqtılıqlarının' o'zgeriw da'rejesine baylanıslı tsefidlerge ha'm Liranın' RR tipindegi juldızlarg'a bo'linedi.

Tsefidlerdin' jaqtılıqlarının' iymekligi o'zine ta'n formag'a iye bolıp, olardıń tiykarg'ı fizikalıq shamalarınan esaplang'an ko'rinerlik juldız shamaların' waqıt boyınsha o'zgeriw

da'wiri bir neshe sutkadan bir neshe onlag'an sutkag'a shekem jetedi. Bunday juldızlardın' jaqtılıqlarının' iymekligi TSefey juldız toparının' δ juldızının' o'zgeriwine uqsag'anlig'ı ushın da olar *tsefidler* dep ataladı (su'wrette ko'rsetilgen).

TSefeidlerdin' jaqtılıg'ının' o'zgeriwi 0,1 dan 2,0 juldız shaması aralıg'ında boladı.



TSefeidlerdin' (TSefeydin' δ tipindeki juldızı) jaqtılıg'ı (Δm) ha'm radiusının' o'zgeriw (ΔR) iymeklikleri.

Liranın' RR o'zgeriwshi juldızı jaqtılıg'ının' o'zgerisi.

TSefeidler shaqmag'ının' maksimumında F spektral klassqa kiriwshi juldızdın' tu'rinde bolıp, minimumida G, K klasslarına kiriwshi juldızlardın' tu'rine enedi. Jaqtılıqlarının' bunday bolıp o'zgeriwi juldız temperaturasının' ortasha 1500 gradusqa o'zgeriwine sa'ykes keledi. TSefeidler spektrinde baqlanatug'ın sızıqlar onın' jaqtılıg'ının' o'zgerisinin' fazasına sa'ykes ra'wishte qızıl yamasa fiolet ta'repke qaray jılıp turadı. Bunday jılıqlar da da'wirli xarakterge iye bolıp, qızıl jılıwının' maksimumı tsefid jaqtılıg'ının' minimumına, fiolet jılıwdın' maksimumı bolsa jaqtılıg'ının' maksimumına tuwrı keledi. TSefeidlerdin' da'wirleri ha'm jaqtılıqları arasında baylanıs bar bolıp, olar jaqtılıqlarının' artıwı da'wirlerinin' artıwında o'z sa'wlesin tabadı.

TSefeidler F ha'm G klaslarga kiriwshi gigant ha'm asa gigant juldızlar bolg'anlıqtan olardıń Galaktikamızdan sırttaǵı ob'ektlerde de ko'riwinin' imkaniyatı bar.

Liranın' RR tipindeki o'zgeriwshi juldızlar A spektrallıq klassına kiriwshi gigant juldızlar bolıp, jaqtılıg'ının' o'zgeriw intervalı 1-2 juldız shamasına shekem baradı. Spektrallıq klassların' o'zgeriwi A ha'm F klasslar menen shegaralanadı. Bul tiptegi juldızlardın' jaqtılıqlarının' o'zgeriw da'wiri 0,05 sutkadan 1,2 sutkag'a shekem bolıp, ju'da' u'lken da'llik penen baqlanadı (su'wreti keltirilgen).

TSefey juldız toparının' β sı yamasa u'lken iyt juldız toparının' β sı tipindeki fizikalıq o'zgeriwshi juldızlar jaqtılıg'ının' iymekligi boyınsha RR tipindeki juldızlardı esletse de, jaqtılıq bergishliginin' ju'da' az o'zgeriwi (0,2 juldız shamasında) menen olardan pariqladı. Bul tiptegi juldızlardın' o'zgeriw da'wiri 3 saattan 6 saatqa shekem barıp, tsefidlerdiki sıyaqlı jaqtılıqlarının' o'zgeriwi da'wirine baylanıslı boladı.

O'zgeriwshi juldızlardın' bul eki tiykarg'ı tu'ringen basqa uzın da'wirli o'zgeriwshi juldızlar da bar.

Savr juldız toparının' RV tipindeki juldızlardın' jaqtılıg'ının' o'zgeriw da'wirinin' salıstırmalı anıqlıg'ı menen basqa tiptegi fizikalıq o'zgeriwshi juldızlardan pariqladı. Olardıń da'wiri 30 sutkadan 150 sutkag'a shekem barıp, jaqtılıqları 3 juldız shamasına shekem o'zgeredi. Bul tiptegi juldızlardın' spektrallıq o'zgeriw shegarası G klasstan K klassqa shekem baradı.

Kit juldız toparındag'ı Mira tipindeki juldızlar uzın da'wirli o'zgeriwshi juldızlardan bolıp, olardıń o'zgeriw da'wiri 80 sutkadan 1000 ha'm onnan da artıq sutkag'a shekem baradı. Jaqtılıg'ının' o'zgeriw amplitudası bolsa 2,5 juldız shamasına shekem jetedi. Bunday juldızlar

jaqtılıq bergishliginin' maksimumında, jaqtılıg'ının' minimumına onın' spektrinde baqlang'an metall sızıqlar ornın vodorodtın' emissiyalıq sızıqları iyeleydi.

Jan'a ha'm asa jan'a juldızlar

Jan'a ha'm asa jan'a juldızlar salıstırmalı kishi jaqtılıqlıqqa iye juldızlar (tiykarınan, mini juldızlar) bolıp, olardıń jaqtılıg'ı qısqa waqıtlar ishinde ju'zlegen, ha'tte millionlag'an ese shaqmaq tu'rinde o'sedi. Bunday shaqmaqqlar ko'pshilik jag'daylarda bul juldızlardan plazmanın' ılaqtırılıwı (eruptsiyası) menen tu'sindirilgeni ushın olar eruptiv o'zgeriwshi juldızlar dep te ataladı. Bunday juldızlardın' a'dettegidey wa'killeri jan'a ha'm asa jan'a juldızlar bolıp tabıladı.

Jan'a juldızlar eruptiv o'zgeriwshi juldızlardın' rawajlanıwının' belgili bir basqışında orın alıp, «jan'a» degen at olarg'a sha'rtli ra'wishte berilgen.

Bunday juldızlar tiykarında eskiden bar juldızlar bolıp, o'z evolyutsiyasının' belgili bir basqışında shaqmaq sıyaqlı jaqtılıg'ı 10-13 juldız shamasına shekem artıp, a'dettegi ko'z benen ko'rinetug'm jaqtı juldızg'a aylanadı. O'z shaqmaqqlarının' maksimumında olardıń absolyut juldız u'ikenliklerinin' ortasha mug'darı -8,5 juldız shamasına shekem barıp, bul jag'dayda olardıń A-F spektrallıq klasslarga kiretug'inlig'ı asa gigant juldızlardın' ko'riniwine ju'da' usap ketedi.

Jan'a juldızlardın' shaqmaq iymekligi o'z aldına ko'rinske iye bolıp, ol shaqmaq protsessin bir neshe basqışqa ajratıp u'yreniwge imkaniyat beredi (120-su'wret). Shaqmaqın' da'slepki basqış ju'da' tez, 2-3 sutkada ju'z berip, maksimumg'a erisiwden aldın bir «toqtap aladı». Maksimumnan son' juldız jaqtılıqlıg'ı pa'seye barıp, da'slepki halına jetiwi ushın bir qansha jıllar o'tedi. Jaqtılıqtın' da'slepki 3 juldız shamasına shekem pa'seyiw basqış derlik bir tegis o'tedi. Jaqtılıqlıqtın' keyingi 3 juldız shamasına to'menlewi orta basqış dep atalıp, bul jag'dayda juldızdın' jaqtılıqlıg'ı bir tegis pa'seyiwi terbelisler menen keshiwi mu'mkin ha'm so'niwdin' akırg'ı basqış ja'ne de bir tegis o'tip, na'tiyjede juldız shaqmaqqa shekemgi bolg'an jaqtılıg'ma erisedi.

Jan'a juldızlardın' shaqmaq mexanizmi haqqında ha'zirge shekem anıq bir pikirge kelingene joq. Bul haqqındag'ı belgili gipotezalardıń birinde sa'ykes juldızdın' shaqmag'ı onın' ishinde o'tip atırg'an fizikalıq protsesstin' aqıbeti dep esaplanısa, ekinshisinde bul qubılısta sırtqı faktorlar ta'siri tiykarı orındı iyeleydi dep qaraydı.

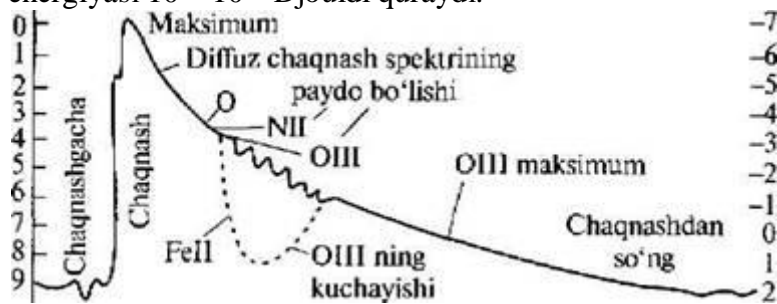
Jan'a juldızlardın' partlaw protsessi qos juldızlardın' o'z-ara zatlar almasıwı na'tiyjesinde ju'z beredi degen gipoteza bul ma'seledegi itibarg'a miyasar gipotezalardıń biri bolıp esaplanadı. Tiykarı juldızdın' vodorodqa bay bir bo'liminin' zatları joldas dep esaplanıp aq kishi juldız betine tu'sse onın' betinde termoyadroliq sintez benen o'tetug'm partlaw (shaqmaq) ju'z berip, u'iken mug'darda energiya ajralıp shıg'adı. Jan'a juldızlar shaqmaq da'wirinde tolıq nurlanıw energiyası 10^{38} - 10^{39} Dj dı qurap, bunday energiyanı Quyash bir neshe onlag'an mın' jıl da g'ana beriwı mu'mkin.

Juldız betinde partlaw ju'z bergende onın' betinen u'iken massalı zatlar (shama menen 10^{-4} – $10^{-5} M_{\odot}$) 1500-2000 km/s qa shekemgi tezlikler menen ılaqtırıladı. Aqıbetinde jan'a juldız a'tirapında tarqalıp atırg'an gaz u'iken dumanlıqtı payda etedi. Baqlawlar na'tiyjesinde salıstırmalı jaqın jaylasqan barlıq jan'a juldızlardın' a'tirapında haqıyqatında da ken'eyiwshi sonday gaz dumanlıqları baqlanadı.

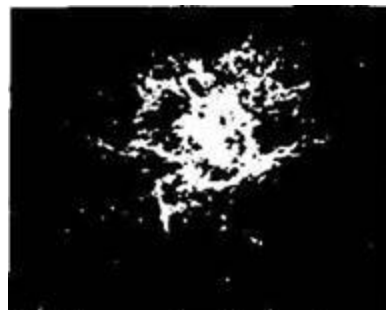
Ha'zirge shekem jan'a 300 ge jaqın partlag'an jan'a juldız belgili bolıp, olardıń 150 ge jaqını o'zimizdin' Galaktikamızda, 100 ge jaqını qon'sı Andromeda dumanlıg'ında baqlanadı.

Asa jan'a juldızlar da eruptiv o'zgeriwshi juldızlar bolıp, jaqtılıqlıg'ı keskin o'zgeriwshi (jilt etiwshi, shaqmaqın' shaqqanınday, partlang'anday) juldızlar bolıp tabıladı. Olardıń shaqmaqqları partlanıw esabınan boladı. Partlawg'a baylanıslı bunday juldızlardın' jaqtılıg'ı bir neshe ku'n dawamında onlag'an million ese artadı. Juldız o'z jaqtılıg'ının' maksimumına eriskende o'zi jaylasqan galaktika jaqtılıg'ınday, bazı bir jag'daylarda onnan da bir neshe ese artıq jaqtılıqqa iye boladı. Jaqtılıg'ının' maksimumında, onın' absolyut juldız shaması -18 dan -19

julldız shamasına shekem jetedi. Asa jan'a julldızlar o'z jaqtılıqlig'inin' maksimumına partlaw ju'z bergennen 2-3 ha'pte o'tkennen keyin erisedi ha'm son'nan bir neshe ay dawamında onin' jaqtılıqlig'ı 25-30 ese kemeyedi. Shaqmaq dawamında asa jan'a julldızların' ulıwmalıq nurlanıw energiyası 10^{41} - 10^{42} Djouldi quraydı.



120-su'wret. Jan'a julldızdın' shaqmaq'ının' iymekligi.



Savr julldız toparındag'ı Krab ta'rizli dumanlıq - 1054-jılı partlag'an asa jan'a julldızdın' qaldıg'ı.

Belgili bir galaktikada asa jan'a julldızların' baqlanıwı shama menen ha'r 100 jıl ishinde 1-2 ret g'ana bolıwı mu'mkin. Tariyxta bizin' Galaktikamızda da bir neshe jan'a julldızların' shaqmaq'ı baqlang'an. Olar ishinde Savr julldız toparında 1054-jılı Qıtay astronomları ta'repinen baqlang'an asa jan'a en' quwatlılarınin' biri bolıp esaplanadı. Bul julldız partlawdan son' bir neshe ku'n dawamında ku'ndız de ko'rinip turg'an. Shaqmaq payıtında bunday julldızlar, 0,1 dan to 1,0 Quyash massasına shekem mug'dardag'ı o'z zatların 6000 km/s qa shekemgi tezlikler menen julldızlar ara boslıqqa ılaqtıradı. Sa'l kem 1000 jıl'ga jaqın waqıttın' o'tkenine qaramastan bul julldızdan ılaqtırıl'g'an gaz massası ha'zirgi ku'nleri de sekundına sa'l kem 1000 km tezlik penen ken'eyiwdi dawam etpekte. Partlag'an julldız a'tirapında tarqalıp baratır'g'an bul gaz massası ju'da' u'lken gaz dumanlıg'ın payda etken. Savr julldız toparındag'ı bul dumanlıq Krab ta'rizli dumanlıq atı menen belgili. 1572-jılı basqa bir asa jan'a julldız Daniyalıq astronom Tixo Brage ta'repinen Kassiopeya julldız toparında, 1604-jılı bolsa Kepler ta'repinen Jılan ertiwshi julldız toparında baqlandı.

Biraq asa jan'a julldızların' partlanıwı mexanizmine baylanıslı ma'sele elege shekem u'zil-kesil sheshilmegen bolsa da bul qubılıstın' 2-3 Quyash massasına ten' julldızlar evolyutsiyasının' aqır'g'ı basqışında ju'zege keletug'ın ten' salmaqlıqtın' buzılıwının' aqıbeti ekenligi anıq.

EYNSHTEYNNIN' GRAVITATSIYA TEORIYASIN AYIRIM ASTROFİZİKALIQ MA'SELELERDİ ShESHİW UShIN QOLLANIW

Kirisiw

Albert Eynshteynnin' pu'tkil ta'biyattanıw ilimlerdegi fundamentallıq ko'z-qaraslardı o'zgeritiwge alıp kelgen u'sh maqalasının' jarıq ko'rgenligine 100 jıl toldı. Usı tariyxıy sa'neni ılayıqlı belgilew maqsetinde Birlesken Milletler sho'lkeminin' bas Assambleyası o'zinin' 2004-jıl 10-iyun ku'ngi plenarlıq ma'jilisinde arnawlı rezolyutsiya qabıl etti. Onın' mazmunı to'mendegidey:

«Bas Assambleya,

ta'biyat haqqındag'ı bilimlerdegi fizikanın' a'himiyetli tiykar bolıp hızmet etiwın moyınlap,

fizika ha'm onın' a'meliy qollanıwı ha'zirgi zaman texnikalıq progressin ta'miyinlewge u'lken u'les qosatug'ınlıg'ın belgiley otırıp,

erler ha'm hayallar fizikanı u'yreniw barısında o'zlerinin' rawajlanıwı ushın za'ru'rli bolg'an ilimiy infrastrukturanı du'ziw qurallarına iye bolatug'ınlıg'ın isengen halda,

2005-jıl ha'zirgi zaman fizikasının' tiykarların du'zgen Albert Eynshteynnin' ullı ilimiy ashılıwların' ju'z jıllıg'ına sa'ykes keletug'ınlıg'ın esapqa alıp

1. Bilimlendiriw, ilim ha'm ma'deniyat isleri boyınsha Birlesken Milletler Sho'lkeminin' 2005-jıldı Xalıq aralıq fizika jılı dep ja'riyalawın qollap-quwatlaydı;

2. Bilimlendiriw, ilim ha'm ma'deniyat isleri boyınsha Birlesken Milletler Sho'lkemine Xalıq aralıq fizika jılın o'tkeriw ushın fizikalıq ja'miyetler ha'm du'nyanın' basqa toparlar, sonın' ishinde rawajlanıp atırg'an ellerdegi toparlar menen birge islesiw ilajların sho'lkemlestiriwdi usınıs etedi;

3. 2005-jıldı Xalıq aralıq fizika jılı dep ja'riyalaydı.»

Bul xalıq aralıq a'himiyetke iye bolg'an hu'jjet Albert Eynshteynnin' du'nya ilimine qosqan u'lesinin' og'ada joqarı ekenliginen derek beredi. A.Eynshteynnin' 1905-jılı shıqqan ha'm arnawlı salıstırmalıq teoriyasın o'z ishine tolıq qamtıytug'ın «Qozg'alıwshı deneler elektrodinamikasına» atlı maqalasının' birinshi betinin' fragmenti 1-su'wrette keltirilgen.

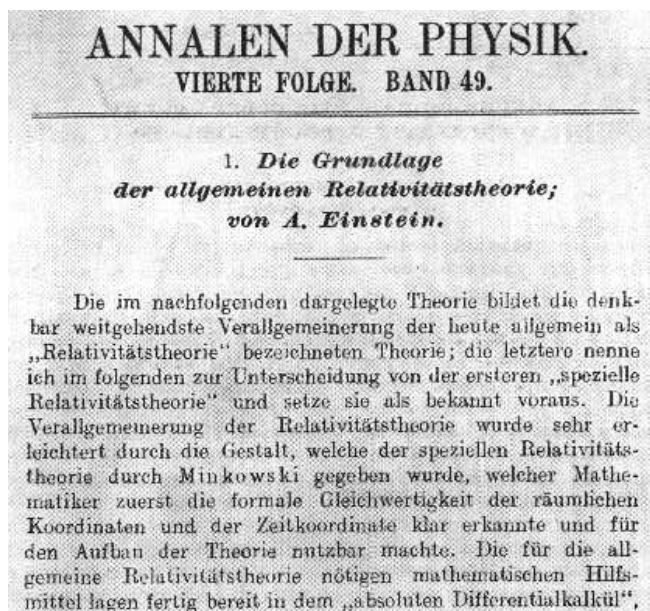
Usı ayılğ'anlardı esapqa alıp bul pitkeriw qa'nigelik jumısı A.Eynshteynnin' gravitatsiya teoriyasın ayırım kosmologiyalıq ma'selelerdi sheshiw ushın qollanıwg'a bag'ishlang'an.

A'lbette, A.Eynshteynnin' miynetleri, o'miri, onın' miynetlerinin' basqa ilimpazlar ta'repinen rawajlandırılıwı, Eynshteyn du'zgen gravitatsiya teoriyasının' sheklengenligi, bul teoriyanın' mu'mkinshilikleri menen mu'mkinshiliklerinin' shekleri haqqında og'ada ko'p sanlı ilimiy derekler bar. Olardıń sanı Pu'tkil du'nyalıq Internet tarmag'ı payda bolg'anınan beri ko'p ese artıp ketti. Sonlıqtan bul jumısta solardıń ishindegi en' a'himiyetlileri ha'm ko'rgizbeligi joqarıları paydalanıldı.

Gravitatsiya teoriyasının' fizikalıq ha'm matematikalıq tiykarları.

§ 1. Interval, ulıwma qabil etilgen belgilewler, Lorents ha'm Puankare gruppaları

Biz du'nyalıq noqat dep to'rt shamanı tu'sinemiz: waqıt ha'm u'sh ken'isliklik koordinatalar. Du'nyalıq sızıq dep du'nyalıq noqatlardıń u'zliksiz sızıg'ına aytamız. Sonlıqtan materiallıq noqattın' qozg'alısı du'nyalıq sızıq tu'rında sa'wlelenedi. Eger du'nyalıq sızıq penen basqa noqatlarg'a ta'sir ete alatug'ın qanday da bir «waqıya» ju'z berse, onda sol du'nyalıq noqat «signal» jiberedi dep esaplaymız. Signal ta'sirlesiwlerdin' tarqalıw tezligine ten' maksimallıq tezlik penen tarqaladı. Ha'r dayım ta'sirlesiwdin' maksimallıq tezliginin' invariantlılıg'ın o'z aldına postulatqa kirgizedi. Biraq bul jag'day ayırıqsha ma'niske iye emes. Sebebi bul salıstırmalılıq printsipinin' ha'm ta'sirlesiwdin' tarqalıw tezliginin' shekli ekenligin da'lilleytug'ın eksperimentlerdin' saldarı (bul tezliktin' shekli tezlik ekenligi haqqında ha'zirshe ga'p etilip atırg'an joq).



1-su'wret. A.Eynshteynnin' 1905-jılı shıqqan ha'm arnawlı salıstırmalılıq teoriyasın o'z ishine tolıq qamtıytug'ın «Qozg'alıwshı deneler elektrodinamikasına» atlı maqalasının' birinshi betinin' fragmenti (Zur Elektrodynamik der bewegter Körper. Ann. Rhys., 1905, 17, 891-921).

Signal kishi dt waqıtı ishinde sdt aralıg'ın o'tedi. Usının' saldarınan ken'isliktegi koordinatalar dx , dy ha'm dz shamalarına o'zgeredi. Demek $(cdt)^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$ (bul Pifagor teoremasının' saldarı, kishi ko'shiwdi tuwrı sızıq boyınsha boladı dep esaplaymız) yamasa $(cdt)^2 = dx^2 - dy^2 - dz^2 = 0$. Meyli dt , dx , dy , dz bir birine jaqın eki iqtıyarlı waqıya arasındag'ı qashıqlıq bolsın. Endi interval tu'sinigin kirgizemiz:

$$ds^2 = (cdt)^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2. \quad (1-1)$$

Signalın' tarqalıw tezligi s esaplaw sistemasınan g 'a rezli emes bolg'anlıqtan bazı bir esaplaw sistemasında nolge ten' interval basqa qa'legen esaplaw sistemasında da nolge ten' boladı.

(1)-an'latpa eger belgilerin esapqa almag'anda 4 o'lshepli Evklid ken'isligindegi vektordın' uzınlıg'ının' kvadratın bergen bolar edi. Biraq biz vektordın' uzınlıg'ı tap usınday an'latpa boyınsha anıqlanatug'ın ken'islikti paydalanıwg'a kirgiziwimiz mu'mkin. Bunday ken'islik Minkovskiydin' psavdoevklidlik ken'isligi dep ataladı. Bunday ken'islik $(+1 \ -1 \ -1 \ -1)$ tu'rindagi metrika menen ta'riplenedi.

4 o'lshepli Minkovskiy ken'isligin paydalanıw jan'adan qanday da bir filosofiyalıq shınlıqtı payda etpeydi. Bul tu'sinik tek ko'plegen an'latpalardı a'piwayılastıratug'ın matematikalıq mag'ana sıpatında g'ana kirgizilgen. Sonın' ushın «biz metrikanı Evklidlik bolmag'an 4 o'lshepli ken'islik-waqıtta jasaymız» dep ga'p etsek durıslıqqa sa'ykes kelmeydi.

Intervaldın' eki ha'r qıylı inertsial esaplaw sistemalarındag'ı ma'nislerin qaraymız: olar ds^2 ha'm $(ds')^2$. Olardıń ekewi de birdey ta'rtiptagi sheksiz kishi shamalar bolıp tabıladı ha'm

sog'an sa'ykes $ds^2 = a(ds')^2$ dep jaza alamız (a ds' shamasınan g'a'rezsiz bolg'an bazı bir funktsiya). Qala berse a funktsiyası ds' penen ds ler o'lishengen esaplaw sistemalarının' salıstırmalı tezlikleri menen baylanıslı (bul tezlikti \dot{V} arqalı belgileymiz). Bul o'z-o'zinen tu'sinikli, a funktsiyasının' koordinatalarg'a baylanıslı bolıwı mu'mkin emes⁴. Sebebi g'a'rezli bolg'an jag'dayda ken'islik-waqıttın' barlıq noqatlarınan' birdey ekenligi haqqındag'ı postulatqa sa'ykes kelmegen bolar edi. Sonın' menen birge a funktsiyası \dot{V} nın' bag'ıtına da baylanıslı bolmaydı (biz ken'isliktegi ayırıqsha bag'ıttı saylap ala almaymız⁵).

Endi a(\dot{V}) funktsiyasının' tu'rin anıqlaymız. Bunın' ushın K_1 , K_2 ha'm K_3 u'sh inertsiyal esaplaw sistemaların (İES) alamız. K_1 de interval ds^2 qa, K_2 de $ds_2^2 = a(V_{21}) * ds^2$, K_3 te $ds_3^2 = a(V_{31}) * ds_2^2$ shamalarına ten'. Sonın' menen birge $ds_3^2 = a(V_{32}) * ds_2^2$ yamasa $a(V_{32}) * (V_{21}) * ds_2^2$. Bunnan $a(V_{31}) = a(V_{32}) * a(V_{21})$ ekenligin alamız. K_1 , K_2 , K_3 lerdegi indekslerdi izbe-iz o'zgerter otırp $a(\dot{V}) = 1$, yag'nıy $(ds')^2 = ds^2$ bir ma'nisli sheshimlerine iye ten'lemeler sistemasın alamız.

Intervaldın' invariantlıg'ı haqqındag'ı alıng'an na'tiyjemizdi arnawlı salıstırmalılıq teoriyasının' (AST) formal tu'rdegi matematikalıq jazılıwı dep qaraymız. Bunday qolaylı ha'm qısqa formanı biz to'mende jiyi qollanamız.

Endi K sistemasındag'ı intervaldın' kvadratin s^2 , al K' sistemasındag'ı intervaldın' kvadratin s'^2 arqalı belgileymiz. Eger $s^2 > 0$ bolsa (eki waqıya arasındag'ı interval haqıyqıy ma'niske iye) intervaldı waqıtqa megzes, al $s^2 < 0$ bolsa intervaldı ken'islikke megzes interval dep ataymız.

Endi basqa İES na o'tiw ushın qollanılatug'ın waqıt ha'm ken'islik koordinataların tu'rlendiretug'ın matematikalıq an'latpanı alıwımız kerek.

Joqarıda atap o'tilgenindey biz intervaldı Minkovskiy ken'isligindegi bazı bir vektordın' uzınlıg'ının' kvadratı dep qabıl etemiz. Bul vektordı koordinatalardıń 4 lik vektori dep ataymız. Bunday vektordı bir İES dan ekinshisine o'tkende tu'rlendiriwde Minkovskiy ken'isligindegi uzınlıq saqlanatuǵ'ın basshılıqqa alamız. Evklid ken'isligindegi bizge belgili bolg'an tu'rlendiriwge sa'ykes bul tu'rlendiriwdi burılıw dep ataymız. (sebebi evklid ken'isliginde qashılıq o'zgermey qalatuǵ'ın, parallel alıp o'tiwge qarag'anda quramalıraq tu'rlendiriw burılıw⁶ bolıp tabıladi). Bunnan keyin tek bir tegisliktegi burıwdı ko'rip shıg'amız (4 koordinatanın' tek ekewin qamtıytug'ın). Sebebi qa'legen quramalılıqtag'ı burılıw a'piwıy burılıwların' qosındısınan turadı. Sonın' menen birge 0- (st) koordinatag'a tiymeytug'ın ken'isliktegi koordinatalardı alamız. Usınday jollar menen koordinata bası do'gereginde vektordın' ct ha'm x qurawshıları ushın an'latpa alamız. A'lbette biz koordinata basınan esaplang'an qashılıqtın' invariantlıg'ın, yag'nıy $(ct)^2 - x^2 = \text{const}$ ekenligin talap etiwimiz mu'mkin. Usı jag'daydı qanaatlandırıatug'ın qa'legen tu'rlendiriwdi bılay jazadı:

$$\begin{pmatrix} ct \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{ch}(\phi) & \text{sh}(\phi) \\ -\text{sh}(\phi) & \text{ch}(\phi) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} ct' \\ x' \end{pmatrix} \quad (2)$$

Bul an'latpadag'ı ϕ bazı bir shama. Biz onı «burılıw mu'yeshi» dep ataymız (geyde ϕ ti tezlik dep te ataydı). Ch ha'm sh funktsiyaların sa'ykes giperbolalıq kosinus ha'm giperbolalıq sinus dep ataydı, qala berse

$$\text{ch}(\phi) \equiv \frac{e^\phi + e^{-\phi}}{2}, \quad \text{sh}(\phi) \equiv \frac{e^\phi - e^{-\phi}}{2}.$$

Demek $\text{ch}^2(\phi) - \text{sh}^2(\phi) = 1$.

Meyli $x' = 0$ bolsın. Onda $\frac{x}{ct} = \text{th}(\phi) = \frac{\text{sh}(\phi)}{\text{ch}(\phi)}$. x/t bolsa shtrik belgisi bar sistemanın'

shtrig'ı joq sistemag'a salıstırg'andag'ı qozg'alıs tezligi, yag'nıy V . $\text{th}(\phi) = V/c$. Usının' menen biz tu'rlendiriwdin' tu'rin de aldıq. Tek g'ana giperbolalıq funktsiyalardan qutılıw kerek (tek

⁴ «Baylanıslı» ha'm «g'a'rezli» so'zleri bir ma'niste qollanıladı.

⁵ Ken'isliktin' bir tekliligi menen izotroplılıg'ı haqqında ga'p etilip atırg'anlıg'ın na'zerde tutamız.

⁶ Yamasa burılıw na'zerde tutıladi.

qolaylılıq ushın). Belgilewler kirgizemiz: $\beta = V/c$, $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2}$. Bunday jag'daylarda giperbolalıq sinus penen giperbolalıq kosinustın' ma'nislerin mına tu'rde jazamız: $\text{sh}(\phi) = \beta\gamma$, $\text{ch}(\phi) = \gamma$. Usı an'latpalardag'ı β shamasın salıstırmalı tezlik yamasa tek tezlik dep ataymız.

Endi burıw matritsasın ko'shirip jazamız:

$$L = \begin{pmatrix} \gamma & \beta\gamma & 0 & 0 \\ -\beta\gamma & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Vektor-bag'ana $X = (st, x, y, z)$ tin' burılıwın $X = L * X'$ tu'rinde jazamız (TX tegisligindegi burılıw, yag'nıy K esaplaw sistemasına salıstırğ'anda β tezligi menen qozğ'alıwshı K' sisteması, onın' ko'sherleri K sistemasındag'ı sa'ykes ko'sherlerge parallel, qozğ'alıs X ko'sheri bag'ıtında boladı. Burılıwdın' bul matritsası Lorents matritsası dep te ataladı ha'm usınday tu'rdegi koordinatalar-waqtıttı tu'rlendiriwdi Lorents tu'rlendiriwleri dep ataydı. Bul tu'rlendiriwlerdi bust dep te ataydı.

Ulıwma tu'rde qabıl etilgen belgilewler: 4 lik vektor, metrlik tenzor, kovariant ha'm kontrvariant shamalar, gu'n' indeksler. Fizikalıq shamalardı Minkovskiydin' ken'isliginde belgilew ushın 4 lik vektorlardı paydalang'an qolaylı. Anıqlama boyınsha 4 lik vektor dep bir İES nan ekinshi İES na o'tkende Lorents tu'rlendiriwleri menen tu'rlenetug'mın shamag'a aytamız: $u = L * u'$. A'lbette biz bir 4 lik vektordan onı bir invariant shamag'a ko'beytip basqa bir 4 lik vektordı alıwımız mu'mkin. Basqa barlıq jag'daylarda 4 lik vektordın' keltirilip shıg'ılıwının' durıslıg'ın da'lillew kerek (4 lik tezlikte keltirip shıg'arıwdı qaran'ız). 4 lik vektordın' qurawshıların kovariant ha'm kontrvariant dep atalatug'mın eki formada jazıw mu'mkin. Kovariant shama to'mendegi indeks penen jazıladı (mısalı R_μ), al kontrvariantlıq shama bolsa joqarıdag'ı indeks penen jazıladı (mısalı R^μ). Kovariantlıq shama kontrvariantlıq shamadan bilayınsha alınadı: $A^0 = A_0$, $A^1 = -A_1$, $A^2 = -A_2$, $A^3 = -A_3$. Solay etip 4 lik vektordın' kvadratın bilayınsha jazamız

$$S^2 = \sum_{i=0}^3 A^i * A_i.$$

A'dette usınday jazıwlarda summa belgisin qaldırıp jazıw qabıl etilgen, yag'nıy $S^2 = A^i * A_i$. Indeksler 0 den 3 ke shekemgi ma'nislerge iye boladı ha'm eki ret qaytalınıwshı indeks boyınsha summaw ju'rgiziledi. Bunday jazıwları gu'n' indeksler menen jazıw dep ataydı. Kovariant ha'm kontrvariant shamalardı tu'rlendiriwlerdin' qolaylı bolıwı ushın metrlik tenzor dep atalatug'mın tenzor (Minkovskiy ken'isliginin' tenzori) kirgiziledi ha'm ol mınaday tu'rge iye boladı:

$$g = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Bunday jag'dayda A^j shamasın A_i shamasına tu'rlendiriw bilayınshpa jazıladı.

Qa'legen eki 4 lik vektordın' skalyar ko'beymesi bilayınsha jazıladı:

$$AB = A^\mu B_\mu = g_{\mu\nu} A^\mu B^\nu = g^{\mu\nu} A_\mu B_\nu.$$

Joqarıdag'ı g nın' bir ma'nisindegi bir ret indekstin' ko'teriliwi yamasa tu'siriliwi belgini qarama qarsı belgige o'zgetedi.

Bulardın' barlıg'ı da bir tu'rli ha'm kerek emestey bolıp ko'rinedi. Biraq gu'n' indekslerdin' kirgiziliwinin' ko'p an'latpalardı jazıwdı ku'shli tu'rde a'piwayılastıratug'ınlıg'ın ko'remiz.

Endi tu'rlendiriw gruppası tu'sinigin kirgizemiz. Meyli eki f ha'm g tu'rlendiriwleri bolsın.

G nı topır dep ataymız, eger G toparına kiretug'mın ($f \in G$ ha'm $g \in G$) f ha'm g shamaların' qa'legenı ushın to'mendegidey sha'rtler orınlanatug'ın bolsa:

1. $gf \in G, \quad fg \in G.$

2. $Ig \in g$ (I arqalı birlik tu'rlendiriw belgilengen, $I \in G$).

3. $gg^{-1} = I$ (g^{-1} arqalı kerı tu'rlendiriw belgilengen).

Demek $X=LX'$ tu'rindgi tu'rlendiriw gruppasını payda etedi. Lorents gruppasınıń qa'legen tu'rlendiriw ushın eki 4 lik vektordın skalyar ko'beymesi invariant bolıp tabıladı. Eger X ha'm X' tenzorlar bolıp tabılatug'ın bolsa, onda Lorents gruppasınıń invariantı

$$X_{\nu\rho}^{\mu} X_{\mu}^{i\nu\rho} = X_{\nu\rho}^{\mu} X_{i\nu}^{\mu'} g_{\nu}^{\nu'} g_{\mu}^{\mu'} g_{\rho}^{\rho'}$$

bolıp tabıladı. Tenzordın rangı de Lorents gruppasınıń invariantı bolıp tabıladı.

Lorents tu'rlendiriwiniń ja'ne de bir ko'zge ko'rinip turg'an qa'siyeti $(\det L)^2=1$ bolıp tabıladı. Bul jerde to'mendegi eki dara jag'daydın orın alıwı mu'mkin:

1. $L_0^0 \geq 1, \quad \det L = +1$ - bul Lorents gruppasınıń tu'rlendiriwı.

2. $L_0^0 \leq 1, \quad \det L = -1$ - bul Puankare gruppasınıń tu'rlendiriwleri (yag'nıy waqıttın belgisin o'zgeritiw ha'm (yamasa) ken'isliktin aynalıq sa'wlelendiriwı menen bolatug'ın tu'rlendiriw).

Usı paragraftın aqırında «relyativistlik massa» haqqındag'ı an'ız haqqında ga'p etemiz.

Relyativistlik mexanikada energiya menen impuls bir 4 lik vektordın qurawshıları bolıp tabıladı. Bo'lekshenin energiyası E menen belgilengende onın kovariant qurawshıları $r_i = (E/c, -\mathbf{p})$, al kontrvariant qurawshıları bolsa $p^i = (E/c, \mathbf{p})$. İmpuls penen energiyanın bir esaplaw sistemasınan ekinshi esaplaw sistemasın o'tkende bilayınsha tu'rlendiriledi:

$$p_x = \frac{p_x' + \frac{v}{c^2} E'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad p_y = p_y', \quad p_z = p_z', \quad E = \frac{E' + vp_x'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}.$$

4 lik tezlikti Lorents-invariant m skalyar shamasına ko'beytemiz. Aling'an 4 lik vektor

$$\mathbf{r} = \gamma^* \mathbf{m}, \quad m^* \gamma / (s^* v)$$

dı energiya-impulstın 4 lik vektorı dep (yamasa tek 4 lik impuls dep) ataymız. Onın birishi qurawshısı E/s^2 energiya bolıp tabıladı, al ken'isliklik qurawshıları r/s impuls bolıp tabıladı [bul an'latpada $r_i = (E/c, -\mathbf{p})$ sıyaqlı etip $\gamma^* \mathbf{m}, m^* \gamma / (s^* v)$ shamaların qawsırma ishinde jazbadıq].

4 lik impulstın uzınlıg'ının kvadratın $r^m r_m = m^2$ tu'rinde jazamız. Bul jerde m arqalı 4 lik tezlikti joqarıda ko'beytken invariant shama.

Usı jerde 4 lik tezlik ushın jazılğ'an an'latpadag'ı γ nın m nen burınraq payda bolğ'anlıg'ın eske tu'siremiz. Sonlıqtan m ge γ nı kirgiziw aqılğ'a muwapıq kelmeydi. Yag'nıy «relyativistlik massa» haqqındag'ı ga'ptin durıs emes ekenligi usı jerde anıq boladı. Bir waqıtları kimgedur 3 lik impulstı klassikalıq formada, yag'nıy $\mathbf{r} = m\mathbf{v}$ dep qaldırıwğ'a ıqlas kelgen ha'm sonan «relyativistlik massa», «tınıshlıqtag'ı massa» sıyaqlı tu'sinikler kelip shıqqan. Eynshteynnin miynetlerin basshılıqqa alıp, biz bul tu'siniklerdi tolıg'ı menen biykarlaymız ha'm massanın relyativistlik invariant ekenligin umıtpaymız.

§ 2. Waqıttın salıstırmalılıg'ı menen uzınlıqtın qısqarıwı

Waqıtqa megzes intervaldı qaraymız.

$$ds^2 = c^2 dT^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2 = c^2 dT'^2 - dx'^2 - dy'^2 - dz'^2 > 0.$$

Bul an'latpanı bilayınsha jazamız:

$$c^2 dT^2 - dR^2 = c^2 dT'^2 - dR'^2 > 0.$$

Bul jag'dayda interval nolden u'lken bolğ'anlıqtan bir birine sheksiz jaqın waqıyalardıń ken'isliktin bir noqatında bolatug'ın koordinata sisteması (mısalı shtrixlang'an) tabıladı ($dR'^2 = 0$). Onda ken'islik-waqıtlıq interval tek shtrixlang'an sistemadag'ı ayırmag'a alıp kelinedi:

$$c^2 dT'^2 = c^2 dT^2 \left[1 - \frac{1}{c^2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 \right] = c^2 dT^2 \left[1 - \frac{v^2(T)}{c^2} \right].$$

Bul jerde $V(T)=dR/dt$ tezligi kirgizilgen. Bul an'latpadan shtrixlang'an esaplaw sistemasında lokalizatsiyalang'an (bir noqatta ju'zege keletug'in) protsess ushın eki sistemadag'ı waqıttın' o'zgerisi arasındag'ı baylanıstı alamız:

$$dT' = dT \sqrt{1 - \frac{v^2(T)}{c^2}};$$

$$T_2' - T_1' = \int_{t_1}^{t_2} \sqrt{1 - \frac{v^2(T)}{c^2}} dT.$$

Bul an'latpa Eynshteyn waqıtının' salıstırmalılıg'ının' ko'rinisi bolıp tabıladı. Bul ten'lemenı birinshi bolıp keltirip shıg'arg'an adam Eynshteyn bolıp tabıladı⁷.

Endi eki waqıya arasındag'ı interval ken'islikke megzes interval bolsın: $ds^2 < 0$. Bunday jag'dayda sol eki waqıya bir waqıtta ju'zege keletug'in esaplaw sisteması tabıladı ($dT'=0$). Eger usı waqıyalar X ko'sheri boyındag'ı noqatlarda bolıp o'tetug'in bolsa, ondı ken'islik-waqıtlıq interval

$$ds^2 = -dX'^2$$

ma'nisine ten' boladı (yag'nıy taza ken'isliklik waqıtqa alıp kelinedi). Basqa qa'legen esaplaw sisteması ushın iye bolamız:

$$ds^2 = c^2 dT'^2 - dX'^2.$$

Eki waqıya bolıp o'tken noqatlardı tutastıratug'in kesindinin' uzınlıg'ı ushın $dl_0^2 = dX'^2$, $dl^2 = dX'^2$ belgilewlerin qollanamız. Bunnan shtrixlang'an esaplaw sistemasındag'ı kesindinin' uzınlıg'ı dl shtrixlanbag'an esaplaw sistemasındag'ı kesindinin' uzınlıg'ı dl_0 den kishi ekenligi kelip shıg'adı: $dl < dl_0$. Lorentstin' kerı tu'rlendiriwin paydalansaq⁸:

$$dT' = \frac{dT + \frac{v}{c^2} dX}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

ekenligin tabamız. Biz qarap atırg'an jag'dayda $dT'=0$ bolg'anlıqtan

$$dl = dl_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

formulasına iye bolamız. Bul jerde biz uzınlıqtın' qısqarıwının' to'rt o'lsheimli ken'islik-waqıtın' geometriyasının' strukturası menen qozg'alıwshı kesindinin' uzınlıg'ın o'lshewdin' usılının' na'tiyjesi ekenligin ko'remiz.

§ 3. Relyativistlik mexanika

4 lik tezlik vektorınan paydalanamız ha'm bo'lekshenin' impulsinin' 4 lik impulsin kirgizemiz:

$$p^i = mU_i, \quad p_i p^i = m^2 c^2. \quad (3-1)$$

Bo'lekshenin' tezligi barlıq waqıtta da s dan kishi bolg'anlıqtan invariant waqıt $d\tau$ dı tabamız:

$$ds^2 = s^2 d\tau^2 = s^2 (1 - v^2/s^2). \quad (3-2)$$

⁷ Sonı atap o'tiwimiz kerek, Lorents o'zinin' ba'rshege belgili tu'rlendiriwlerin ashqanı menen olardıń ma'nisin tolıq tu'singen joq ha'm arnawlı salıstırmalılıq teoriyasın du'ziwde onnan keyingi tiykarg'ı jumıstı bir birinen g'a'rezsiz ha'm ha'r qıylı jollar menen Anri Puankare menen Albert Eynshteyn isledi. Puankare to'rt o'lsheimli ken'isliktin' gruppalıq qa'siyetlerin matematikalıq izertlew ko'z-qarası menen, al Eynshteyn bolsa waqıtın' salıstırmalılıg'ın operatsiyalıq analiz jolı menen.

⁸ Lorentstin' kerı tu'rlendiriwleri:

$$T = \frac{T' - vX'/c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad X = \frac{X' - vT'}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}, \quad Y = Y', \quad Z = Z'.$$

4 lik tezlikten invariant waqıt τ arqalı alıng'an tuwındı da 4 lik vektor bolıp tabıladı. Onı tezleniwidin' 4 lik vektorı dep ataydı.

Anıqlama boyınsha ku'shtin' 4 lik vektorı bılayınsha jazıladı:

$$\mathbf{F} = \frac{\mathbf{f}}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \text{ skalyar formada } F = \frac{f}{\sqrt{1-v^2/c^2}}.$$

Bul an'latpada \mathbf{f} arqalı bir birlik zaryadqa ta'sir etiwshi ku'sh belgilengen (f sol ku'shtin' san shaması). Usınday belgilewlerdi qabıl etip mexanikanın' relyativistlik ten'lemelerin bılayınsha jazamız:

$$m \frac{dU^i}{d\tau} = F^i \quad (3-3)$$

yamasa u'sh o'lsheмли tu'rde:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{m\mathbf{V}}{1-V^2/c^2} \right) = \mathbf{f}; \quad (3-4)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{mc^2}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \right) = (\mathbf{V}\mathbf{f}). \quad (3-5)$$

Bul eki ten'lemeni birinshi ret ashqan alım Anri Puankare bolıp tabıladı (geypara mag'lıwmatlar boyınsha relyativistlik mexanikanı do'retken adam A.Puankare).

(3-5) ti (3-4) ten ten'lemenin' eki ta'repin de \mathbf{V} vektorına ko'beytiw arqalı alamız. Sol eki an'latpadan bo'lekshenin' impulsı r menen energiyası E ni ala alamız:

$$\mathbf{p} = \frac{m\mathbf{V}}{\sqrt{1-V^2/c^2}}; \quad E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-V^2/c^2}}; \quad (3-6)$$

Sonlıqtan

$$\mathbf{p}^i = \left(\frac{E}{c}, \mathbf{p} \right) \quad (3-7)$$

Sonın' menen birge

$$F^i p_i = 0 \quad (3-8)$$

ekenligin an'sat da'lillewge boladı.

İmpuls ha'm energiya ushın jazılğ'an (3-6) an'latpasın Lagranj funktsiyası ja'rdeminde de bılayınsha alıwg'a boladı:

$$L = -mc^2 \sqrt{1-V^2/c^2}. \quad (3-9)$$

Bunday jag'dayda impuls r mınag'an ten':

$$\mathbf{p} = \frac{\partial L}{\partial \mathbf{V}} = \frac{m\mathbf{V}}{\sqrt{1-V^2/c^2}}. \quad (3-10)$$

Gamiltonian

$$H = \mathbf{V} \frac{\partial L}{\partial \mathbf{V}} - L \quad (3-11)$$

bolg'anlıqtan

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-V^2/c^2}} \text{ ямаса } E = c\sqrt{p^2 + m^2 c^2}. \quad (3-12)$$

(3-9) Lagranj funktsiyası birinshi ret Puankare du'zdi. Bul jerde integral du'nyalıq sızıq boyındag'ı eki belgilengen noqat arasında alınadı. Iqtıyarlı koordinatalar sistemasında interval

$$ds^2 = g_{ik} dx^i dx^k \quad (3-13)$$

tu'rine iye boladı ha'm sog'an sa'ykes bo'lekshe ushın Lagranj funktsiyası mınaday tu'rge iye:

$$L = -mc^2 \sqrt{g_{00} + \frac{1}{c} 2g_{0\alpha} \dot{x}^\alpha + \frac{1}{c^2} 2g_{\alpha\beta} \dot{x}^\alpha \dot{x}^\beta}. \quad (3-14)$$

Usınday na'tiyjeler tiykarında Gamilton funktsiyası bılayınsha jazamız:

$$H = \frac{\partial L}{\partial \dot{x}^\alpha} \dot{x}^\alpha - L. \quad (3-15)$$

$$\dot{x}^\alpha \frac{\partial L}{\partial \dot{x}^\alpha} = L - (mc^2)^2 \frac{g_{00} + \frac{1}{c} g_{0\beta} \dot{x}^\beta}{L} \quad (3-16)$$

ekenligin esapqa alsaq

$$H = -(mc^2)^2 \frac{g_{00} + \frac{1}{c} g_{0\beta} \dot{x}^\beta}{L}. \quad (3-17)$$

Endi impulstın' 4 lik vektorın kirgizemiz

$$p_i = mc g_{ik} \frac{dx^k}{ds}. \quad (3-18)$$

Bul jerde

$$r_0 = N/s. \quad (3-19)$$

yamasa

$$p^i = mc \frac{dx^i}{ds}. \quad (3-20)$$

$$g_{ik} \frac{dx^i}{ds} \frac{dx^k}{ds} = 1 \quad (3-21)$$

bolg'anlıqtan

$$g_{ik} p^i p_k = m^2 c^2. \quad (3-22)$$

Tap usıg'an sa'ykes

$$g^{ik} p_i p_k = m^2 c^2. \quad (3-23)$$

§ 4. Vektorlar, tenzorlar ha'm geodeziyalıq sızıqlar

Arnawlı salıstırmalılıq teoriyasında inertsiyal sistemalarında Galiley koordinataları qollanılıp, onda interval (1-1) tu'rinde jazıladı. 4 o'lsheimli ken'isliktegi iymek sızıqlı koordinatalarg'a o'tkende tenzor menen vektor tu'sinikleri ulıwmalasadı⁹. En' da'slep vektorlardın' kovariant ha'm kontrvariant qurawshıları kirgiziledi (bul haqqında joqarıda esletilip o'tildi).

Kontrvariant 4 lik vektor dep $x^i = x^i(\tilde{x}^0, \tilde{x}^1, \tilde{x}^2, \tilde{x}^3)$ tu'rlendiriliwinde (indeksler joqarıda)

$$B^i = \frac{\partial x^i}{\partial \tilde{x}^k} \tilde{B}^k \quad (4-1)$$

nızamı boyınsha tu'rletug'ın V^i shamaların' jıynag'ına aytamız.

Kontrvariant vektor (mısalg'a) qatarına koordinatalardıń differentsialların' jıynag'ı dx^i ki-redi (sebebi $dx^i = \frac{\partial x^i}{\partial \tilde{x}^k} d\tilde{x}^k$).

Sol V_i vektorının' kovariant qurawshıları (indeksleri to'mende) bılayınsha anıqlanadı:

$$V_i = g_{ik} B^k. \quad (4-2)$$

(3-13) tin' koeffitsientleri sıpatındag'ı anıqlamasınan olardıń' tu'rlendiriliw nızamı kelip shıg'adı

$$g_{ik} = \frac{\partial \tilde{x}^l}{\partial x^i} \frac{\partial \tilde{x}^m}{\partial x^k} g_{lm}. \quad (4-3)$$

Bul nızam menen (4-2) ni paydalanıp vektordın' kovariant qurawshıları ushın tu'rlendiriw nızamın tabamız:

⁹ Vektordın' birinshi rangalı tenzor, al skalyardıń' nolinshi rangalı tenzor ekenligin umıtpaymız.

$$B_i = g_{ik} B^k = \frac{\partial \tilde{x}^l}{\partial x^i} \frac{\partial \tilde{x}^m}{\partial x^k} g_{lm} \frac{\partial x^k}{\partial \tilde{x}^n} \tilde{B}^n = \frac{\partial \tilde{x}^l}{\partial x^i} \tilde{B}_l. \quad (4-4)$$

Usig'an sa'ykes tenzor tu'sinigi ulıwmalastırıladi: V^{ik} kontrvariant tenzori ushin

$$B^{ik} = \frac{\partial x^i}{\partial \tilde{x}^l} \frac{\partial x^k}{\partial \tilde{x}^m} \tilde{B}^{lm}; \quad (4-5)$$

Onın' kovariantlıq qurawshıları ushin

$$B_{ik} = g_{li} g_{mk} B^{lm} = \frac{\partial \tilde{x}^l}{\partial x^i} \frac{\partial \tilde{x}^m}{\partial x^k} \tilde{B}_{lm}. \quad (4-6)$$

Sonın' menen birge aralas qurawshılardı da paydalanıwg'a boladı:

$$B_k^i = B^{il} g_{lk} = \frac{\partial \tilde{x}^l}{\partial x^k} \frac{\partial x^i}{\partial \tilde{x}^m} \tilde{B}_l^m. \quad (4-7)$$

Tu'rlendiriw nızamları g_{ik} qurawshılarının' tenzordı payda etetug'ınlıg'ın ko'rsetedi. Salıstırmalıq teoriyasında¹⁰ bul tenzor fundamentallıq orındı iyeleydi ha'm **fundamentallıq metrlik tenzor** dep ataladı.

$$g = |g_{ik}| \quad (4-8)$$

anıqlawshısı **fundamentallıq anıqlawshı** dep ataladı.

$$g^{ik} = A^{ik} / g \quad (4-9)$$

shamaları (A^{ik} arqalı g_{ik} elementinin' algebralıq qosımshası belgilengen) metrlik tenzordın' kontrvariant qurawshıları dep ataladı.

(4-9) dan

$$g_{il} g^{lm} = \delta_l^m \quad (4-10)$$

ekenligi kelip shıg'adı. δ_l^m arqalı Kroneker simvolı belgilengen. Bunnan (4-6) nı paydalanıp

$$B^{ik} = g^{il} g^{mk} B_{lm} \quad (4-11)$$

ekenligin tabamız.

Solay etip belgilerdi tu'siriw g_{ik} kovariant qurawshılarının' kovariant. ko'teriw g^{ik} kontrvariant qurawshılarının' ja'rdeminde a'melge asadı eken.

Aralas g_k^i tenzori Kroneker simvolına ten' ($g_k^i = \delta_k^i$). $A^i B_i$ shaması vektorlardın' skalyar ko'beymesi bolıp tabıladi ha'm ol koordinatalardı tu'rlendirgende o'zgeriske ushıramaydı. Mısalı vektordın' uzınlıg'ının' kvadratı

$$A^2 = A^i A_i. \quad (4-12)$$

Tap usınday jollar menen eki tenzordan skalyar payda etiwge boladı

$$A^{ik} B_{ik} = A_i^k B_k^i = A_{ik} B^{ik}.$$

U'sh jazıwdın' barlıg'ı da ekvivalent. Dara jag'dayda, eger ekinshi vektor fundamentallıq tenzor bolsa, onda $A^{ik} g_{ik} = A_i^i$ shamasın **tenzordın' izi** dep ataydı.

Tap usınday jollar menen joqarı rangalı tenzorlardan rangası to'menirek bolg'an tenzorlardı payda etiwge boladı. Mısalı

$$A_{klm}^i g_i^m = A_{kli}^i = A_{kl}.$$

Bunday operatsiyanı tenzorlardı svertıvanie dep ataymız.

İymek sızıqlı koordinatalarda vektorlar menen tenzorlardı differentsiallaw tu'sinigi ulıwmalastırıladi. Kontrvariant vektor menen kovariant vektordın' kovariant tuwındısı (u'tiri bar noqat penen an'latıladi) dep sa'ykes mına shamalar (tenzorlar) ayıladi:

$$B_{i;k}^i = \frac{\partial B_i^i}{\partial x^k} + \Gamma_{ik}^i B^i, \quad (4-13)$$

$$B_{i;k} = \frac{\partial B_i}{\partial x^k} + \Gamma_{ik}^l B_l. \quad (4-14)$$

¹⁰ Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasında.

Bul jerde Γ_{mn}^l arqalı Kristofel simvolları (olar tenzorlar emes!) belgilengen. Olar mına an'latpalar ja'rdeminde anıqlanadı:

$$\Gamma_{mn}^l = \frac{1}{2} g^{lk} \left(\frac{\partial g_{km}}{\partial x^n} + \frac{\partial g_{kn}}{\partial x^m} + \frac{\partial g_{mn}}{\partial x^k} \right) \quad (4-15)$$

Dekart koordinatalarında barlıq $\Gamma_{mn}^l = 0$ ha'm kovariant differentsiallaw a'dettegi different-siallawg'a alıp kelinesi.

Endi 4 o'lishemli ken'islikte eki noqattı bir biri menen tutastıratug'ın geodeziyalıq sızıqtı anıqlaytug'ın iymek sızıqlı koordinatalardag'ı ten'lemenı keltiremiz:

$$\frac{d^2 x^i}{ds^2} + \Gamma_{kl}^i \frac{dx^k}{ds} \frac{dx^l}{ds} = 0. \quad (4-16)$$

Minkovskiy ken'isliginde (psavdoevklid ken'isliginde¹¹) denelerdin' inertsiya boyınsha qozg'alısı tuwrı sızıq (sonın' menen birge waqıtqa megzes) sa'wlelendiriledi. Sonlıqtan (4-16) inertsiyal emes esaplaw sistemasının' iymek sızıqlı koordinatalarında jazılğ'an denenin' inertsiya boyınsha kozg'alısının' ten'lemesi. Geodeziyalıq sızıq ushın jazılğ'an mayısqa ken'islik-waqıttag'ı differentsial ten'leme de tap sonday (iymek sızıqlı koordinatalardag'ı tegis ken'islik-waqıttag'ı tuwrı sızıq ushın jazılğ'an ten'lemedey) tu'rge iye boladı.

§ 5. Ken'islik-waqıttın' iymekligi¹²

Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyası ken'islik-waqıt mayısadı ha'm 4 o'lishemli Riman ken'isligi bolıp tabıladı (da'liregi psevdoriman ken'isligi)¹³. Kishi emes, al shekli oblastlar ushın usı 4 o'lishemli ken'islik ushın interval (1-1) dey bolıp jazılatug'ın Galiley koordinatalar sistemasın paydalana almaymız. Biraq (1-1) di kishi oblastlarda qollana alamız. Bul jag'daylarda erkin qozg'alıwshı (salmaq maydanında erkin tu'siwshi) esaplaw sistemasın kirgizemiz. Bunday esaplaw sisteması lokallıq Galiley esaplaw sisteması dep ataladı¹⁴. Lokallıq Galiley sistemasında salmaq ku'shi baqlanbaydı – bunday sistemada salmaqsızlıq orın aladı. Usınday sistemanı saylap alıwdın' matematikalıq mu'mkinshiligi sonnan ibarat, iymek (mayısqa) ken'isliktin' kishi ushastkası tegis urınba ken'islik bolıp tabıladı.

Endi to'rt o'lishemli ken'islik-waqıttın' iymekligin ta'ripleytug'ın matematikalıq qurallardı paydalanamız. Bul iymeklik to'rtinshi rangalı tenzor menen ta'riplenedi:

$$R_{klm}^i = \frac{\partial \Gamma_{km}^i}{\partial x^l} - \frac{\partial \Gamma_{kl}^i}{\partial x^m} + \Gamma_{nl}^i \Gamma_{km}^n - \Gamma_{nm}^i \Gamma_{kl}^n. \quad (5-1)$$

R_{klm}^i tenzori Rimannın' iymeklik tenzori dep ataladı. Bul tenzordın' geometriyalıq ma'nisi to'mendegilerden ibarat. Meyli vektor bazı bir noqattan geodeziyalıq sızıqlardan du'zilgen tuyıq kontur boyınsha usı vektordın' ortogonallıq koordinatalar ko'sherleri boyınsha qurawshıları kishi qozg'alıs barısındag'ı ha'r bir noqatta o'zgerissiz qalatug'ın bolıp jılıjıyug'ın bolsın (biz bunday jılıjıwdı vektordın' parallel alıp ju'riliwi dep ataymız). Tegis ken'islik-waqıtta vektor o'zinin' da'slepki noqatına qayıp keldende o'zinin' da'slepkidey halına qaytadı, al iymek ken'islikte

¹¹ O'z waqıtında Kleyn ha'm Gilbertler bunday ken'islikte psevdoevklidlik ken'islik dep atawdı usındı.

¹² Tilekke qarsı qaraqalpaq ha'm o'zbek tillerindegi terminologiya tolıq qaliplespenlikten rus tilindegi «krivizna» so'zi «iymeklik» dep awdarılğ'an. Biraq ayırım orınlarda biz «mayısqa» so'zin de qollanamız.

¹³ Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyasında ken'islik-waqıttın' mayısawı tek zatlar menen maydanlardın' qatnasıwında ju'zege kelmeydi. Biz to'mende gravitatsiyalıq tolqınlardıń bar ekenligin de qarap o'temiz. Bunday tolqınlar o'zi menen energiyanı alıp ju'redi ha'm ken'islikte mayıstradı. Usının' menen qatar ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyasının' ten'lemelerinin' (Eynshteyn ten'lemelerinin') bos ken'islik-waqıt ushın da sheshimleri bar. Bul sheshimler zatlarg'a iye emes ken'isliktin' anizotropiyalıq deformatsiyasın ta'ripleydi. Gravitatsiyalıq tolqınlar ushın sheshimler sıyaqlı bul sheshimler de erkin gravitatsiyalıq maydandı ta'ripleydi.

¹⁴ Ha'r bir noqattag'ı usınday sistemalar sanı sheksiz u'iken. Sonın' menen birge bunday sistemadag'ı usınday no-

qatta tek ds^2 Galiley tu'rine iye bolmastan, barlıq $\frac{\partial g_{ik}}{\partial x^l} = 0$.

bolsa vektordın' orientatsiyası o'zgeredi (onın' uzınlıg'ı o'zgerissiz qaladı). Kishi eki o'lishemli Δf^{lm} betin qorshap turg'an kontur boyınsha ju'rgizilip o'tilgendegi A_k vektordın' qurawshılarının' o'zgerisi mına formula menen ta'riplenedi:

$$\Delta A_k = \frac{1}{2} R_{klm}^i A_i \Delta f^{lm}. \quad (5-2)$$

Biz bul jerde iymeklik tenzorının' algebralıq ha'm diffreniallıq qa'siyetlerin teren'irek tallamaymız. Tek onın' bir birinen g'a'rezsiz bolg'an qurawshılarının' sanının' 20 g'a ten' ekenligin atap o'temiz¹⁵.

Svertivanie operatsiyası jolı menen Riman tenzorınan ekinshi rangalı tenzor alıw mu'mkin:

$$R_{km} = R_{klm}^i g_i^l = R_{kim}^i. \quad (5-3)$$

Bul simmetriyalı tenzor

$$R_{km} = R_{mk}$$

ha'm onın' atın Rishshi tenzori dep ataymız. En' aqırında R_{km} svertkası ken'isliktin' iymekliginin' skalyarın beredi:

$$R = R_{km} g^{km} = R_k^k. \quad (5-4)$$

R_{klm}^i tenzori 4 o'lishemli ken'islik-waqıttın' iymekligin tolıq ta'ripleydi. Mısalı bazı bir oblasttag'ı usı tenzordın' nolge ten'ligi ($R_{klm}^i = 0$) bul oblasttag'ı ken'islik-waqıttın' iymek emesliginin' (mayıskan emesliginin') za'ru'rli ha'm jetkilikli sha'rti. Biraq usının' menen bir qatarda skalyar R din' nolge ten'ligi ($R = 0$) yamasa ha'tte $R_{ik} = 0$ sha'rti ken'islik-waqıttın' tegisliginin' jetkilikli sha'rti emes. Sonın' menen birge materiyadan tıstag'ın gravitatsiya maydanı $R_{ik} = 0$ ten'lemesi menen ta'riplenedi.

§ 6. Eynshteyn ten'lemeleri ha'm qozg'alıs ten'lemesi

Ulıwma salıstırmalılıq teoriyasındag'ı Eynshteyn ten'lemeleri ken'islik-waqıttın' iymekligi menen zatlar ha'm maydanlardın' bo'listiriliwi ha'm qozg'alıs arasındaı baylanısı ańıqlaydı¹⁶. Bul ten'lemeler bılayınsha jazıladı:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{\chi}{c^2} T_{ik}. \quad (6-1)$$

Bul jerde $\chi = \frac{8\pi G}{c^2}$ Eynshteynnin' tartılıs turaqlısı dep ataladı. T_{ik} arqalı energiya-impuls tenzori berilgen (bul tenzor zatlar menen maydanlardın' tarqalıwı menen qozg'alıs larınan g'a'rezli)¹⁷. Gaz ushın bul tenzor iymek sıızılıq koordinatalarda bılayınsha jazıladı:

$$T^{ik} = (\varepsilon + P) u^i u^k - P g^{ik}. \quad (6-2)$$

Bul an'latpadag'ı $\varepsilon = \rho c^2$ arqalı zattın' energiyasının' usı zat tınısh turg'an esaplaw sistemasındag'ı tıg'ızılıg'ı, R arqalı basım belgilengen. Bir gazdın' jabısqaqlıg'ın kishi dep esapladıq ha'm sonlıqtan onı ρc^2 qa salıstırg'anda esapqa almadıq.

Eger energiya-impuls tenzorın joqarıdag'ıday T^{ik} dep belgilesek, onda T^{00} massa-energiyanın' tıg'ızılıg'ı (a'dette ρ menen an'latıladı), T^{0j} arqalı impulstın' tıg'ızılıg'ının' j-qurawshısı, T^{ij} arqalı a'dettegi kernewler tenzori, T^{xx} arqalı x ko'sheri bag'ıtındag'ı basımın' qurawshısı belgilengen.

Eger T^{ik} energiya-impuls tenzori sistemada bar barlıq maydanlardı, suyıqlıqlardı, bo'lekshelerdi ha'm tag'ı basqalardı ta'ripleytug'ın bolsa, onda impuls ag'ısı menen energiya

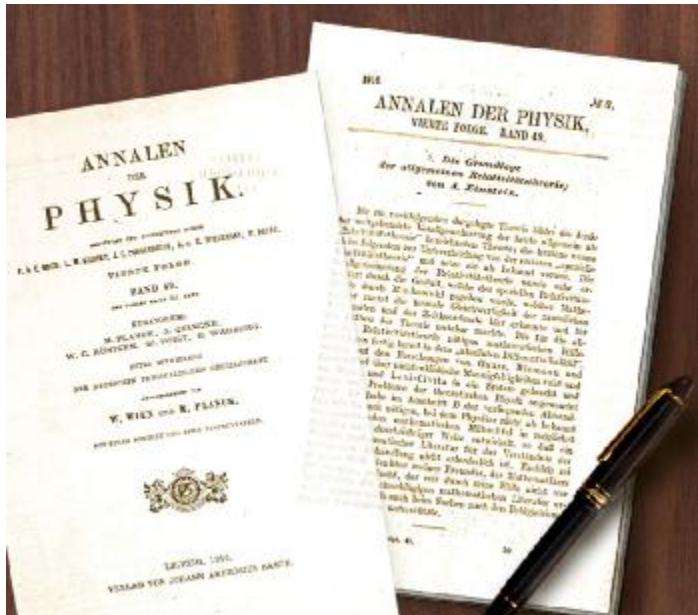
¹⁵ Ush o'lishemli ken'islik ushın bir birinen g'a'rezsiz qurawshılarının' sanı 6.

¹⁶ Ańıqlıq ushın: demek birinshi ta'repten ken'islik-waqıttın' iymekligi ha'm onı ekinshi ta'repten zatlar ha'm maydanlardın' bo'listiriliwi ha'm qozg'alıs menen baylanıstıradı.

¹⁷ Bul ten'lemenı A.Eynshteyn 1915-jılı keltirip shıg'ardı. Sonın' ushın 1915-jıldı ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyasının' ashıglıg'an jılı dep qabıl etilgen. Al usı jumstın' o'zi 1916-jılı «Ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyasının' tiykarları» degen at penen u'lken maqala tu'rinde jarıq ko'rdi. Bul maqalanın' 1-betinin' fragmenti 2-su'wrette keltirilgen.

almasıw arasındag'ı o'z-ara baylanıs haqqındag'ı tolıq informatsiya qozg'alıs ten'lemelerinde beriledi:

$$T_{\nu}^{\mu\nu} = 0.$$



2-su'wret. A.Eynshteynnin' «Ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasının' tiykarları» atlı maqalasının' birinshi beti menen sol jurnaldın' birinshi beti (Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. Ann. Phys., 1916, 49, 769-822).

Elektromagnit maydanının' energiya-impulsı tenzori:

$$T^{ik} = -\frac{1}{4\pi} g_{lm} F^{il} F^{km} + \frac{1}{16\pi} g^{ik} F_{lm} F^{lm}. \quad (6-3)$$

Bul jerde F_{lm} arqalı elektromagnit maydanı tenzori belgilengen.

Lokallıq Lorents koordinatalar sistemasındag'ı tınısh turg'an gaz ushın (6-2) tenzorın jazayıq:

$$T_{ik} = \begin{vmatrix} \epsilon & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P \end{vmatrix}.$$

Bul sistemada $T_{0\alpha} = T_{\alpha 0}$. Sebebi energiya ag'ısı joq ha'm gazdin' impulsı nolge ten'. Tenzordı ken'isliklik bo'limi diagonalıq $T_{\alpha}^{\beta} = P\delta_{\alpha}^{\beta}$, barlıq ko'sherler boyınsha basım birdey ma'niske iye. Bul nızamdı Paskal nızamı dep ataw qabıl etilgen (sonlıqtan Paskal suyıqlıg'ı yamasa gazi haqqında ga'p etiw qabıl etilgen).

X ko'sherinin' on' bag'ıtında jaqtılıqtın' tezligi menen qozg'alıwshı bo'leksheni

$$T_{ik} = \begin{vmatrix} \epsilon & \epsilon & 0 & 0 \\ \epsilon & \epsilon & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

tenzori beredi. Al qozg'alıs x ko'sherinin' shep ta'repine qaray bag'ıtlang'an bolsa

$$T_{ik} = \begin{vmatrix} \epsilon & -\epsilon & 0 & 0 \\ -\epsilon & \epsilon & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix}$$

an'latpası orın aladı. Barlıq ten'dey huqıqlarg'a iye bag'ıtlardag'ı bo'lekshelerdin' ag'ısın qosqanda da relyativistlik gazdin' energiya-impulsinin' tenzorın alamız $R=\epsilon/3$.

Endi ulıwmalıq T_{ik} g'a qayıtıp kelemiz ha'm energiya-impulstın' saqlanıw nazımın jazamız. Arnawlı salıstırmalıq teoriyasında dekart koordinatalarında energiya-impuls tenzori

$$\frac{\partial T_i^k}{\partial x^k} = 0 \quad (6-4)$$

qatnasın qanaatlandıradı. Al bul qatnas energiya menen impulstın' saqlanıw nızamın an'latadı.

(6-4) an'latpasının' iymek sıızılı koordinatalarg'a ulıwmalastırılıwının' na'tiyjesi kovariant divergentsiyanın' nolge ten' ekenliginde. Yag'nıy

$$T_{i;k}^k = \frac{\partial T_i^k}{\partial x^k} + \Gamma_{ik}^k T_i^l - \Gamma_{lk}^l T_i^k = 0. \quad (6-5)$$

(6-5) nızamının' maydannın' ten'lemesi (6-1) den kelip shıg'atug'ınlg'ı og'ada a'hmiyetli.

(6-5) an'latpasın qozg'alıs ten'lemeleri dep atag'an durıs bolar edi. Sebebi bul an'latpa gravitatsiyanı esapqa alg'an jag'daydag'ı materiyanın' qozg'alıs nızamların tikkeley an'latadı. Usı jag'daydı gazdın' T_{ik} sı ushın ko'rsetiw maqsetinde zattın' o'zi menen qozg'alatug'ın esaplaw sistemasın qabil etemiz ha'm bunday esaplaw sistemasın joldas esaplaw sisteması (soputstvuyushaya sistema otsheta) dep ataymız. Basqa so'z benen aytqanda Lagranj koordinataların ha'm zattın' ha'r bir elementinin' menshikli waqıtın paydalanamız. Zattın' V ko'lemindegi energiyanı E arqalı belgileyemiz ($E = \varepsilon V$) ha'm (6-2) ni paydalanıp (6-5) ti $i=0$ ushın

$$dE + PdV = 0 \quad (6-6)$$

tu'rine keltiremiz, al i indeksinin' ken'isliklik ma'nisleri ushın (6-5) ti bılayınsha jazamız:

$$\frac{\partial P}{\partial x^\varepsilon} = \frac{g_{0\varepsilon}}{g_{00}} \frac{\partial P}{\partial x^0} = (\varepsilon + P) \frac{F_\varepsilon}{c^2}. \quad (6-7)$$

(6-6) tenlemesi gazdı deformatsiyalag'andag'ı basım ku'shlerinin' jumısın ta'ripleydi, (6-7)-ten'lemeler bolsa Lagranj koordinatalarında zattın' impulsının' saqlanıwın anıqlaydı. Relyativistlik emes jag'daylarga o'tkende ($g_{0p} \rightarrow 0$, $\varepsilon \gg P$) (6-7) de impuls ushın jazılğan a'dettegidey ten'lemelerge kelemiz.

Eynshteyn ten'lemelerin kosmologiyalıq ma'slelerdi sheshiw ushın qollanıw

§ 7. Kosmologiya turaqlısı

A'dette gravitatsiya teoriyası ten'lemelerine qoyılatur'ın ulıwmalıq talap ta'sirge¹⁸ iye variatsiyalıq printsipti

$$s = -mc \int ds - \frac{c^3}{16\pi G} \left[\int R dV + \int 2\Lambda dV \right] \quad (7-1)$$

tu'rinde jazıwg'a ruqsat etedi. Bul an'latpada V arqalı 4 o'lsheмли ko'lem berilgen. Usınday jag'dayda Eynshteyn ten'lemeleri mına tu'rge iye boladı:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R - \Lambda g_{ik} = \frac{\chi}{c^2} T_{ik}. \quad (7-2)$$

Bul an'latpadag'ı Λ kosmologiya turaqlısı, al bul shamag'a proporsional bolg'an shamalar (ΛdV , Λg_{ik}) kosmologiyalıq ag'zalar dep ataladı. Λ ag'zaları joq ten'lemeler de qozg'alıs ten'lemelerin o'z ishine alatug'ın bolg'anlıqtan (7-2) de lokallıq lorents-invariantlılıq sha'rtin qanaatlandıradı. Sonlıqtan burıng'ıday $T_{i;k}^k = 0$.

(7-2) tu'rindegi ten'leme 1917-jılı A.Eynshteynnin' «Kosmologiya ma'seleleri ha'm ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası» maqalasında payda boldı. Bul maqalanın' 1-betinin' fragmenti 3-su'wrette berilgen. Sonlıqtan 1917-jıldı ha'zirgi zaman kosmologiyasının' tuwılğan jılı dep ataymız.

¹⁸ Ta'sir dep «deystvie» so'zi na'zerde tutıladı.

A.Eynshteyn da'rha'l-aq (6-1) ten'lemesinin' statsionar sheshimge iye bolmaytug'inlig'in tu'sindi. Al sol waqıtları A'lemnin' statsionar, waqıtqa baylanıslı o'zgermeydi degen pikir hu'kim su'rgen edi. Sonlıqtan Eynshteynnin' aldında statsionar sheshimlerde iye ten'lemeler kerek boldı. Sonlıqtan ol (6-1) ge Λ ag'zasın qosıp (7-2) tu'rindegi ten'lemenı aldı¹⁹

A'llette Λ ag'zanı ten'lemege kirgiziwdedi A.Eynshteynnin' aldına qoyg'an maqset nolge ten' emes ortasha tıg'ızlıq $T_0^0 = \rho c^2 = \text{const}$ qa sa'ykes statsionar sheshim alıw edi. Bunın' ushın

$\Lambda = \frac{8\pi G\rho}{3c^2}$ dep alıw kerek. Biraq qızılǵ'a awısıw qubılısı baqlang'annan keyin A.Eynshteyn $\Lambda=0$ bolg'an ten'lemege qaray ko'birek awdı. 1930-jıllarg'a shekem $\Lambda \neq 0$ bolg'andag'ı statsionar ha'm statsionar emes sheshimler teren' izertlendi. Biraq Λ ag'zasınan' nolge ten'ligi yamasa ten' emes ekenligi, eger nolge ten' bolmag'anda qanday ma'niske ten' bolatug'inlig'ı elege shekem anıq sheshilgen joq.

Kosmologiya turaqlısının' fizikalıq sheshimi neden ibarat? Fizika ushın onın' qanday a'hmiyeti bar?

Λ nin' o'zine tartatug'nı bir qa'siyeti onın' o'lsheinde ($[\Lambda = \text{sm}^{-2}]$). Usınday ko'z-qarastan Λ bos ken'isliktin' joq qılıwg'a bolmaytug'in iymekligi bolıp tabıladı (materiyasız ha'm gravitatsiyalıq talqınlarsız bos ken'isliktin'). Biraq tartılıs teoriiyası iymeklikti materiyanın' energiyası, impulsı ha'm basımı menen baylanıstıradı. Λ nı maydan ten'lemenin' on' ta'repine o'tkerip mına tu'rge iye ten'lemenı alamız:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik} - g_{ik} \Lambda. \quad (7-3)$$

$\Lambda \neq 0$ boljawı $\Lambda = 0$ bolg'an jag'daydag'ıday, biraq barlıq ko'lemde massasının' tıg'ızlıg'ı $\rho_\Lambda = \frac{c^2 \Lambda}{8\pi G}$, energiyasının' tıg'ızlıg'ı $\varepsilon_\Lambda = \frac{c^4 \Lambda}{8\pi G}$, basımı $P_\Lambda = \varepsilon_\Lambda$ bolg'an bos ken'isliktin' gravitatsiyalıq maydan payda etetug'inlig'in o'z ishine aladı. Eger $\Lambda = 10^{-55} \text{ sm}^{-2}$ dep boljasaq $\rho_\Lambda = 10^{-28} \text{ g/sm}^3$, $\varepsilon_\Lambda = 10^{-7} \text{ erg/sm}^3$. Usınday ma'niste vakuumnın' energiyasının' tıg'ızlıg'ı menen basımı (kerim tenzori) haqqında aytamız.

Bizin' ρ_Λ ha'm ε_Λ haqqındag'ı boljawlarımızdın' sebebinen teoriyanın' relyativistlik invariantlıg'ı buzılmaydı, ρ_Λ penen R_Λ shamaları bir birine salıstırg'anda qozg'alatug'in barlıq koordinatalar sistemasında birdey (Lorents boyınsha tu'rlandırılǵande).

Kosmologiya turaqlısı Λ nolge ten' bolmasa da absolyut shaması boyınsha ju'da' kishi. Sonın' ushın Λ tek kosmologiyada g'ana a'hmiyetke iye bola aladı. Sonlıqtan to'mende eki jag'daydı da (nolge ten' bolg'an, nolge ten' bolmag'an) qaraymız.

§ 8. Eynshteyn ten'lemelerinin' statsionar sheshimi

Biz da'slep A.Eynshteynnin' 1917-jılı shıqqan «Kosmologiya ma'seleleri ha'm ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyası» maqalasın talqılaymız. Bul maqala mına so'zler menen baslanadı:

«Puassonnın' differentsial ten'lemesi

$$\Delta\phi = 4\pi K\rho \quad (1)$$

nın' materiallıq noqattın' qozg'alıs ten'lemesi menen Nyutonnnın' uzaqtan ta'sirlesiw teoriiyasın almastıra almaytug'inlig'ı belgili. Ken'isliktegi sheksizlikte potentsial ϕ din' belgili bir shekke umtilatug'inlig'in qosıw za'ru'r. Salıstırmalıqtın' ulıwmalıq printsipinen tap sonday awhaldın' tartılıs teoriiyasında da orın alatug'inlig'ı kelip shıg'adı. Eger biz ken'islikte sheksizlikke shekem tarqalg'an du'nyanı qaraytug'in bolsaq, onda differentsial ten'lemelerge ken'isliklik sheksizlik ushın shegaralıq sha'rtlerdi kirgiziwimiz kerek.

Planetalıq sistemag'a baylanıslı ma'seleni qarap shıqqanımda ken'isliklik sheksizlikte tartılıstın' barlıq potentsialları $g_{\mu\nu}$ turaqlı bolıp qalatug'in koordinata sistemasın saylap aldıq. Bi-

¹⁹ Sonı atap o'tiwimiz kerek, A.Eynshteyn keyinirek (1930-jıllarg'a kele) oz ten'lemelerine Λ ag'zasın qosıwın o'mirinde jibergen en' u'lken qa'teligi dep esapladı.

raq A'lemnin' u'lken bo'limlerin qarag'anımızda usınday shegaralıq sha'rtlerdin' durıs bola-tug'ınlıg'ı ko'zge anıq ko'rinip tug'an joq. Usı waqıtqa shekem bul a'hmiyetli ma'sele boyınsha aling'an na'tiyjeler to'mende bayanlang'an.»

Bunnan keyin maqalada Nyuton teoriiyası talqılanadı. A.Eynshteyn bılay jazadı:

«Ken'isliktegi sheksizlikte ϕ ushın turaqlı shektin' bolıwı formasındag'ı Nyutonnın' shegaralıq sha'rtinen materiyanın' tıg'ızlıg'ının' sheksizlikte nolge aylanatug'ınlıg'ı kelip shıg'atug'ınlıg'ı belgili. Haqıyqatında da a'tirapında materiyanın' gravitatsiyalıq maydanı tutası menen alg'anda sferalıq simmetriyag'a (orayg'a) iye bolatug'ın taptıq dep esaplayıq. Bunday jag'dayda Puasson ten'lemesinen qashıqlıq r din' o'siwi menen sheksizlikte ϕ din' bazı bir shekke ten' bolıwı ushın ortasha tıg'ızlıq ρ nın' $1/r^2$ qa salıstırg'anda tezirek nolge umtılatus'ınlıg'ı kelip shıg'adı. Bunday ma'niste sheksiz u'lken massag'a iye bola alatug'ın bol-sa da Nyuton du'nyası shekli.

Bunnan aspan deneleri ta'repinen shıg'arılğ'an nurlanıw Nyuton du'nyasın ortadan radial bag'ıtlar boyınsha keyninen ızsız jog'alıw ushın taslap ketedi. Biraq bunday awhal tutas aspan denesinde bolıwı mu'mkin emes...

Eger gaz molekulaların' Boltsman bo'listiriliwin juldız sistemasın statsionar jıllılıq qozg'alısındag'ı gaz dep qarap juldızlar ushın qollanatus'ın bolsaq Nyuton a'leminin' bolıwının' mu'mkin emes ekenligin ko'remiz. Sebebi oray menen sheksizlik arasındag'ı shekli ma'nistegi potentsiallar ayırmasına tıg'ızlıqlardıń shekli qatnası sa'ykes keledi. Demek sheksizliktegi nol-lik tıg'ızlıq oraydag'ı nollik tıg'ızlıqqa alıp keledi.

Ko'rinip turg'anınday, bul qıyınshılıqlardan Nyuton teoriiyası ramkalarında turıp shıg'ıw mu'mkin emes. Usıg'an baylanıslı soraw tuwalı: Nyuton teoriiyasın modifikatsiyalaw jolı menen sol qıyınshılıqlardan shıg'ıw mu'mkin emes pe? Bunın' ushın en' aldın dıqqat qoyıp qabıl etiw ushın joldı ko'rsetemiz, sebebi bul jol keyingi talqılawlardı jaqsıraq tu'sinip alıw ushın xızmet etedi. Puasson ten'lemesinin' ornına jazamız

$$\Delta\phi - \lambda\phi = 4\pi K\rho \quad (2)$$

Bul an'latpadag'ı λ bazı bir universal turaqlı shama bolıp tabıladı.

Eger ρ_0 massanın' tarqalıwının' turaqlı tıg'ızlıg'ı bolsa, onda

$$\phi = -\frac{4\pi K}{\lambda}\rho_0 \quad (3)$$

(2)-ten'lemenin' sheshimi bolıp tabıladı. Bul sheshim qozg'almaytug'ın juldızlardın' ken'isliktegi ten' o'lsheuli tarqalıwına sa'ykes keledi. Bundag'ı tıg'ızlıq ρ_0 du'nyalıq ken'isliktegi materiyanın' haqıyqıy ortasha tıg'ızlıg'ına ten' bolıwı kerek. Bul sheshim materiya menen ortasha ten' o'lsheuli toltrılğ'an sheksiz u'lken ken'islikke sa'ykes keledi.»

Usınday jollar menen A.Eynshteynde waqıtqa baylanıslı o'zgermeytug'ın (statsionar) shek-siz u'lken a'lem payda bolğ'an. Materiya menen bir tekli toltrılğ'an bul a'lemdi biz Eynshteyn a'lemi dep ataymız.

Eynshteynnin' biz qarap atırg'an maqalasının' 3-paragrafı «Ten' o'lsheuli tarqalg'an materiya bar ken'isliktegi tuyıq du'nya» dep ataladı. Bul paragrafta biz mınaday jag'daylar menen tanısamız:

«Materiyanın' tarqalıwı haqqındag'ı bizge belgili mag'lıwmatlar ishindegi en' a'hmiyetlisi juldızlardın' salıstırmalı tezliklerinin' jaqtılıqtın' tezliginen ju'da' kishi ekenliginde. Sonlıqtan men da'slep mınaday juwıq boljawdı talqılawlarımızg'a tiykar etip alaman: materiya ko'p waqıtlar dawamında tınıshlıqta turatug'ın koordinata sisteması bar dep esaplaymız. Usı koordi-nata sistemasında materiyanın' tenzorı mınaday a'piwayı tu'rge iye boladı:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \rho \end{pmatrix}$$

Tıg'ızlıqtın' bo'listiriliwi skalyar ρ (ortasha) ken'isliktegi koordinatalardıń funksiya-sı bolıwı mu'mkin. Biraq biz du'nyanı ken'islik boyınsha tuyıq dep boljaymız. Sonlıqtan ρ turg'an

orinnan g'a rezli emes degen gipotezanı qabıl etemiz ha'm bul gipoteza bunnan keyingi talqılawlarımızdın' tiykarında turadı.

Gravitatsiya maydanına keletug'ın bolsaq

$$\frac{d^2 x_v}{ds^2} + \left\{ \begin{matrix} \alpha & \beta \\ \gamma \end{matrix} \right\} \frac{dx_\alpha}{ds} \frac{dx_\beta}{ds} = 0$$

qozg'alıs ten'lemesinen statikalıq gravitatsiyalıq maydanda tek g_{44} oring'a baylanıssız bolg'anda materiallıq noqattın' tınıshlıqta turatug'ınılıg'ı kelip shıg'adı.

Maqalanın' 4-paragrafı «Gravitatsiyalıq maydang'a kirgiziw za'ru'r bolg'an qosımsha ag'za haqqında» dep ataladı. Onda

«İqtıyarlı tu'rde saylap alıng'an koordinatalar sistemasındag'ı gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemeleri mına tu'rge iye boladı:

$$G_{\mu\nu} = -\chi(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}T). \quad (13)$$

Bul jerde

$$G_{\mu\nu} = -\frac{\partial}{\partial x_\alpha} \left\{ \begin{matrix} \mu & \nu \\ \alpha \end{matrix} \right\} + \left\{ \begin{matrix} \mu & \alpha \\ \beta \end{matrix} \right\} \left\{ \begin{matrix} \nu & \beta \\ \alpha \end{matrix} \right\} + \frac{\partial^2 \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\mu \partial x_\nu} - \left\{ \begin{matrix} \mu & \nu \\ \alpha \end{matrix} \right\} \frac{\partial^2 \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\alpha}.$$

...(Bul) ten'lemeler sisteması salıstırmalılıq postulatinı ha'm (2)-tu'rdegi Puasson ten'lemesin ulıwmalastırıwıg'a sa'ykes bir ulıwmalastırıwıg'a mu'mkinshilik beredi. Ulıwmalıq kovariantlıqtı buzбай (keyingi) ten'lemenin' shep ta'repine ha'zirshe belgisiz fundamentallıq konstanta λ ge ko'beytilgen fundamentallıq tenzor $g_{\mu\nu}$ dı qosa alamız. Onda (sol ten'lemenin') ornına

$$G_{\mu\nu} - \lambda g_{\mu\nu} = -\chi \left(T_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}T \right) \quad (13a)$$

ten'lemesin alamız. Bul ten'leme λ nin' jetkilikli da'rejede kishi ma'nisleri ushın Quıyash sistemasında ju'rgizilgen baqlawlarıg'a sa'ykes keledi. Bul ten'leme impuls penen energiyanın' saqlanıw nızamların da qanaatlandıradı...

5-paragraf esaplawlar na'tiyjelerin bayanlaydı ha'm «Esaplawlar. Na'tiyje» dep ataladı. Onda bılay delinedi:

«Bizin' kontinuumnın' barlıq noqatları birdey bolg'anlıqtan esaplawlardı mısalı koordinataları $x_1 = x_2 = x_3 = x_4$ bolg'an bir noqat ushın orınlag'an jetkilikli boladı.

Bunday jag'dayda (13a) dag'ı $g_{\mu\nu}$ din' ornına ($g_{\mu\nu}$ lar differentsiallanbag'an yamasa bir ret differentsiallang'an orınlardı ushın) mına ma'nislerdin' qoyılıwı mu'mkin:

$$\begin{matrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{matrix}$$

Solay etip da'slep mına an'latpa alınadı:

$$G_{\mu\nu} = \frac{\partial}{\partial x_1} \left\{ \begin{matrix} \mu & \nu \\ 1 \end{matrix} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_2} \left\{ \begin{matrix} \mu & \nu \\ 2 \end{matrix} \right\} + \frac{\partial}{\partial x_3} \left\{ \begin{matrix} \mu & \nu \\ 3 \end{matrix} \right\} + \frac{\partial^2 \lg \sqrt{-g}}{\partial x_\mu \partial x_\nu}.$$

...barlıq (13a) ten'lemelerinin' eger

$$-\frac{2}{R^2} + \lambda = -\frac{\chi\rho}{2}, \quad -\lambda = -\frac{\chi\rho}{2}$$

qatnasları orınlang'an jag'dayda qanaatlandırılatus'ınılıg'ı kelip shıg'adı. Yamasa

$$\lambda = \frac{\chi\rho}{2} = \frac{1}{R^2}.$$

Solay etip eger ten' salmaqlıq halında saqlanatug'ın ortasha tıg'ızlıq ρ , sferalıq ken'isliktin' radiusı R ha'm onın' ko'lemi $2\pi^2 R^3$ belgili bolsa jan'adan kirgizilgen universallıq konstanta λ

nin' ma'nisin aniqlaw mu'mkin boladı. Bizin' ko'z-qarasımız boyınsha A'lemnin' tolıq massası shekli ha'm

$$M = \rho 2\pi^2 R^3 = 4\pi^2 \frac{R}{\chi} = \frac{\sqrt{32}\pi^2}{\sqrt{\chi^3 \rho}}$$

shamasına ten'.».

Ha'zirgi waqıtlardag'ı mag'lıwmatlar boyınsha $\rho \approx 10^{-30} \text{ g/sm}^3$, al A'lemnin' radiusı bolsa $R \approx 10^{28} \text{ cm}$. Demek

$$M_{A'lem} = 2\pi^2 R^3 \rho \approx 2 \cdot 10^{56} \text{ g.}$$

Eger Quyashtın' massasının' $2 \cdot 10^{33} \text{ g}$ ekenligin esapqa alsaq, onda $M_{A'lem}/M_{Quyasht} = 10^{24}$ ekenligi kelip shıg'adı. Bul ha'zirgi waqıtları qabıl etilgen mag'lıwmatlarg'a tolıq sa'ykes keledi.

§ 9. Eynshteyn ten'lemelerin ayırım kosmologiyalıq ma'selerdi sheshiwde paydalanıw. Fridman kosmologiyası

Ulıwmalıq talaplar. Eger A'lem bir tekli ha'm izotrop bolsa, onın' geometriyası Robertson-Uoker metrikası menen beriledi:

$$ds^2 = -dt^2 + R^2(t) \left[\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 d\Omega^2 \right]. \quad (9-1)$$

Bul an'latpada $k = +1, 0, -1$ (+1 jabıq, 0 ken'isligi tegis ha'm -1 ashıq modeller ushın). $R(t)$ funksiya'sının' waqıtqa g'a'rezliligi menen k shamasın aniqlaw ushın Eynshteyn ten'lemeleri qollanılutug'ın bolsa alıng'an ken'islik-waqt Fridman modeli dep ataladı (geypara waqıtları, a'sirese kosmologiya turaqlısı nolge ten' bolmag'an jag'daylarda bul modeldi Lemetr modeli dep te ataydı). $R(t)$ dan alıng'an eki birinshi tuwındı ha'zirgi da'wirler ushın (ha'zirgi da'wirdi 0 indeksi menen belgileyemiz) Xabbl turaqlısı

$$H_0 \equiv \left(\frac{dR}{dt} \right) R \quad (R = R_0 \text{ de}) \quad (9-2)$$

ha'm a'steleniw parametri dep atalutug'ın

$$q_0 \equiv \left[\left(\frac{d^2 R}{dt^2} \right) R \right] / \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 \quad (R = R_0 \text{ de}) \quad (9-3)$$

parametrinin' ja'rdeminde parametrlestiriledi.

Kosmologiyada ulıwma aytqanda zatlar ken'eyiw ha'm qısılıw hallarında boladı. Sonın' ushın bazı bir baqlawshıg'a jetken jaqtılıq nurı o'zinin' dereğine salıstırğ'anda qızılğ'a yamasa fioletke awısqa bolıp shıg'adı. Bul awısıw z shaması menen ta'riplenip, mına formula boyınsha aniqlanadı:

$$1 + z \equiv \frac{v_{\text{нурл}}}{v_{\text{бакл}}} = \frac{\lambda_{\text{бакл}}}{\lambda_{\text{нурл}}}. \quad (9-4)$$

Ko'pshilik jag'daylarda z tin' shaması baqlawshıdan qashılıqqa baylanıslı monotonlı o'zgeredi, sonlıqtan ha'rdayım « z qızılğ'a awısıwında turg'an ob'ekt» degen tu'sinikti paydalanadı.

Meyli ρ ha'm r arqalı A'lemni toltırıp turg'an massa-energiyag'a iye materiyanın' tıg'ızlıg'ı menen basımı belgilengen bolsın. Onda $\rho \gg r$ jag'dayda zatlar basım model, al $r \approx (1/3)\rho$ nurlanıw basım bolğ'an model haqqında ga'p etiledi.

Biz da'slep

$$ds^2 = -dt^2 + R^2(t) \left[\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 (d\vartheta^2 + \sin^2 \vartheta d\varphi^2) \right] \quad (9-5)$$

tu'rinde jazılğ'an Robertson-Uoker metrikasın

$$ds^2 = -dt^2 + R^2(t) [d\chi^2 + \Sigma^2(\chi)(d\vartheta^2 + \sin^2 \vartheta d\varphi^2)] \quad (9-6)$$

yamasa

$$ds^2 = R^2(\eta) [-d\eta^2 + d\chi^2 + \Sigma^2(\chi)(d\vartheta^2 + \sin^2 \vartheta d\varphi^2)] \quad (9-7)$$

tu'rinde jazıwǵ'a bolatug'ınlıǵ'ın ko'rsetemiz. Bul an'latpalardag'ı

$$\Sigma^2(\chi) = \begin{cases} \sin^2 \chi & k = +1 \text{ ушын,} \\ \chi^2 & k = +0 \text{ ушын,} \\ \text{sh}^2 \chi & k = -1 \text{ ушын.} \end{cases}$$

Meyli

$$r = \begin{cases} \sin \chi & k = +1 \text{ ушын,} \\ \chi & k = +0 \text{ ушын,} \\ \text{sh} \chi & k = -1 \text{ ушын.} \end{cases}$$

bolsın. Onda

$$\begin{aligned} dr &= \begin{cases} \cos \chi \\ d\chi \\ \text{ch} \chi \end{cases} \\ \frac{dr^2}{1 - kr^2} &= \begin{cases} d\chi^2 \\ d\chi^2 \\ d\chi^2 \end{cases} \end{aligned}$$

Demek

$$\frac{dr^2}{1 - kr^2} + r^2 d\Omega^2 = d\chi^2 + \Sigma^2(\chi) d\Omega^2,$$

bul jerde

$$\Sigma^2(\chi) = \begin{cases} \sin^2 \chi & k = +1 \text{ ушын,} \\ \chi^2 & k = +0 \text{ ушын,} \\ \text{sh}^2 \chi & k = -1 \text{ ушын.} \end{cases}$$

Endi t o'zgeriwshisinen η o'zgeriwshisine

$$dt = R(\eta) d\eta$$

qatnasının' ja'rdeminde tu'rlendiriwdi anıqlaymız. Onda

$$ds^2 = -dt^2 + R^2(t)(d\chi^2 + \Sigma^2 d\Omega^2) = R^2(\eta)(-d\eta^2 + d\chi^2 + \Sigma^2 d\Omega^2).$$

Endi Robertson-Uoker metrikasının' Eynshteynnin' maydan ten'lemelerin qanaatlantıratug'ınlıǵ'ın talabınan shıǵ'ıp ideal suyıqlıq penen toltırılǵ'an kosmologiyalıq Fridman modeli ushın dinamikalıq ten'lemelerdi keltirip shıǵ'arayıq.

Ortonormirovkalang'an joldas koordinata sistemasında

$$T_0^0 = -\rho, \quad T_r^r = T_\varphi^\varphi = T_\varphi^\varphi = p. \quad (9-8)$$

Demek (keri izge iye) energiya-impuls tenzori \bar{T} mınaday qurawshılarg'a iye boladı:

$$T_0^0 = -\frac{1}{2}(\rho + 3p), \quad T_1^1 = \frac{1}{2}(\rho - p). \quad (9-9)$$

Bul shamanı $1/(8\pi G)$ g'a ko'beytemiz ha'm alıng'an na'tiyjeni Rishshi tenzorına ko'beytemiz. Bul tenzordın' qurawshıları

$$R_0^0 = 3\bar{R}/R,$$

$$R_1^1 = \frac{1}{R^2}(R\bar{R} + 2\bar{R}^2 + 2k). \quad (9-10)$$

Bunnan

$$3\bar{R} + 4\pi G(\rho + 3p)R = 0,$$

$$R\bar{R} + 2\bar{R}^2 + 2k - 4\pi G(\rho - p)R^2 = 0 \quad (9-11)$$

ten'lemelerin alamız.

Eger (9-11) degi birinshi ten'lemeni \bar{R} ge bo'lsek, onda

$$\bar{R}^2 + k = \frac{8\pi G}{3}\rho R^2 \quad (9-12)$$

ten'lemesin alamız.

$$\frac{1}{2}d\left[\left(\frac{\bar{R}}{R}\right)^2\right]/dR = \bar{R} \quad (9-13)$$

ekenligin eske tu'siremiz. Onda (9-11) din' birinshi ten'lemesinen

$$\frac{1}{2} \frac{d}{dR} \left(\frac{8\pi G}{3} \rho R^2 \right) = \frac{1}{2} \frac{d}{dR} (\bar{R})^2 = \bar{R} = -\frac{4}{3} \pi G(\rho + 3p)R,$$

$$\frac{d}{dR} (\rho R^2) = -(\rho + 3p)R, \quad (9-14)$$

$$\frac{d}{dR} (\rho R^2) = -3pR^2$$

ekenligine iye bolamız ha'm (9-11) din' ekinshi ten'lemesin alamız.

Endi Fridman modeli ushın ρ , k ha'm q shamaları arasındag'ı baylanıslardı keltirip shıg'aramız.

$$H \equiv \bar{R}/R$$

anıqlamasınan ha'm (9-12) den

$$\frac{8\pi G\rho}{3} = \frac{k}{R^2} + H^2 \quad (9-15)$$

ten'lemesin tikkeley alamız. Al eger usı ten'lemeni R boyınsha differentsiallasıq, (9-13) penen birinshi ta'rtpi basqa

$$d(\rho R^3)/dR = -3pR^2$$

ten'lemeni ha'm

$$q \equiv -\bar{R}R/\bar{R}^2$$

anıqlamasın esapqa alsaq biz

$$-8\pi G\rho = \frac{k}{R^2} + H^2(1 - 2q) \quad (9-16)$$

ten'lemesine iye bolamız.

Eger $\rho \gg r$ bolsa (9-16) nın' shep ta'repin on' ta'repine salıstırğ'anda esapqa almay ketiwge boladı (bul modelde zatlar basım bolğ'an jag'dayg'a sa'ykes keledi) ha'm biz

$$\frac{k}{R^2} = (2q - 1)H^2 \quad (9-17)$$

an'talpasına iye bolamız. (9-17) ni (9-15) ke qoysaq

$$\frac{8\pi G\rho}{3} = 2qH^2$$

an'latpasın alamız.

Eger $r = \frac{1}{3}\rho$ bolsa, onda (9-15) penen (9-16) dan ρ nı jog'altıp

$$\frac{k}{R^2} = (q - 1)H^2$$

ekenligin ko'remiz. Al k/R^2 ag'zasın joq etiw barısında

$$\frac{8\pi G\rho}{3} = qH^2$$

ekenligine isenemiz.

Solay etip r menen ρ arasındag'ı ha'r qıylı qatnaslar ha'r qıylı ten'lemelerge alıp keledi eken²⁰.

Endi birinshi ta'rtpılı Fridman ten'lemesin $R(t)$ g'a qarata eki jag'day ushın sheshemiz. Birinshi jag'dayda materiyanın' tıg'ızlıg'ına zatlar, ekinshi jag'dayda materiyanın' tıg'ızlıg'ına nurlanıw tiykarg'ı u'les qosatug'ın bolsın. Ha'zirgi da'wirdin' parametrlerin N_0 ha'm q_0 arqalı belgileymiz ja'ne usı shamalardıń ma'nislerinin' turaqlı ekenligin eskertip o'temiz²¹.

Birinshi jag'day. Zatlar materiyanın' basqa tu'rlerine qarag'anda ko'p bolg'an jag'dayda basımdı esapqa almay ketiwimizge boladı. Bunday awhalda massa-energiyanın' tıg'ızlıg'ı A'lemnin' ko'leminin' u'lkeyiwi menen kemeyedi:

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^3, \quad (9-18)$$

$$d\eta = dt/R$$

an'latpasının' ja'rdeminde jan'a waqıtlıq koordinatını anıqlaymız²². Bunday jag'dayda Fridman ten'lemesi bilayınsha jazıladı:

$$\left(\frac{\dot{R}}{R} \right)^2 = \left(\frac{dR/d\eta}{R^2} \right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^3 - \frac{k}{R^2} \quad (9-19)$$

yamasa

$$\frac{1}{\sqrt{R}} \frac{dR}{d\eta} = 2 \frac{d}{d\eta} \sqrt{R} = \left(\frac{8\pi G}{3} \rho_0 R_0^3 - kR \right)^{1/2}. \quad (9-20)$$

Alıng'an ten'lemenı integrallasaq mınag'an iye bolamız:

²⁰ Biz A'lemnin' rawajlanıw barısında r menen ρ arasında ha'r qıylı qatnaslardın' bolg'anlıg'ın bilemiz.

²¹ Adette bir tekli ha'm izotrop ken'islik ushın Eynshteynnin' ten'lemesin a'piwaylatıradı ha'm mına tu'rdegi tn'leme aladı:

$$\frac{\ddot{R}}{R} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + \frac{3P}{c^2} \right) + \frac{\Lambda c^2}{3},$$

$$\frac{1}{2} \left(\frac{\dot{R}}{R} \right)^2 - \frac{4\pi G\rho}{3} = -\frac{kc^2}{2R^2} + \frac{\Lambda c^2}{2}.$$

Eger usı ten'lemeler sistemasındag'ı birinshi ten'lemenı Mathematica 5 tinide sheshetug'ın bolsaq (shugaralıq sha'rtler ushın $t=0$ de $R=0$, al $t=t_1$ de $R=R_1$ dep alıng'an). Bunday jag'dayda ten'leme bilay jazıladı: $DSolve[\{R''[t] + ((4\pi G/3)*(\rho + 3P/c^2))*R[t] == 0, R[0] == 0, R[t_1] == R_1\}, R[t], t]$. Al kompyuter bolsa mınaday sheshimdi beredi:

$$R[t] \rightarrow \frac{-\frac{2t\sqrt{-3GP\pi-c^2G\pi\rho}}{\sqrt{3}c} + \frac{2t_1\sqrt{-3GP\pi-c^2G\pi\rho}}{\sqrt{3}c} \left(-1 + e^{\frac{4t\sqrt{-3GP\pi-c^2G\pi\rho}}{\sqrt{3}c}} \right)}{4t_1\sqrt{-3GP\pi-c^2G\pi\rho} - 1 + e^{\frac{4t_1\sqrt{-3GP\pi-c^2G\pi\rho}}{\sqrt{3}c}}} R_1$$

²² A'dette bul koordinatını «ugol razvertki» dep ataydı.

$$\frac{1}{2}\eta = \int_0^{R^{1/2}} \frac{dR^{1/2}}{\left(\frac{8}{3}\pi\rho_0 R_0^3 - kR\right)^{1/2}} = \begin{cases} k = +1 \text{ болганда} & \arcsin \frac{R^{1/2}}{\left(\frac{8}{3}\pi\rho_0 R_0^3\right)^{1/2}} \\ k = 0 \text{ болганда} & \frac{R^{1/2}}{\left(\frac{8}{3}\pi\rho_0 R_0^3\right)^{1/2}} \\ k = -1 \text{ болганда} & \operatorname{arSh} \frac{R^{1/2}}{\left(\frac{8}{3}\pi\rho_0 R_0^3\right)^{1/2}} \end{cases} \quad (9-21)$$

Endi

$$q_0 = \frac{4\pi G}{3} \frac{\rho_0}{H_0^2} \quad (9-22)$$

ha'm

$$R_0^2 = \frac{k}{(2q_0 - 1)H_0^2}, \quad (k = \pm 1) \quad (9-23)$$

ekenligin esapqa alamız. (9-23) tin' shep ta'repinin' on' ma'niske iye ekenliginene $k = \operatorname{sign}(2q_0 - 1)$ ekenliginen tu'sinikli. Demek (9-21) de mınag'an iye bolamız:

$$\frac{8\pi}{3}\rho_0 R_0^3 = \frac{2q_0}{H_0|2q_0 - 1|^{3/2}}, \quad k = \pm 1.$$

Endi (9-21) di R_0 ge qarata sheshsek mına an'latpalarg'a iye bolamız:

$$R = \begin{cases} k = +1 \text{ ушын} & \frac{q_0}{H_0(2q_0 - 1)^{3/2}}(1 - \cos\eta), \\ k = 0 \text{ ушын} & \frac{1}{12}H_0^2 R_0^3 \eta^2. \\ k = -1 \text{ ушын} & \frac{q_0}{H_0(2q_0 - 1)^{3/2}}(\operatorname{Sh}\eta - 1). \end{cases} \quad (9-24)$$

En' keyninde $dt = R d\eta$ shamasın integrallap mınalardı alamız:

$$t = \begin{cases} k = +1 \text{ ушын} & \frac{q_0}{H_0(2q_0 - 1)^{3/2}}(\eta - \sin\eta), \\ k = 0 \text{ ушын} & \frac{1}{12}H_0^2 R_0^3 \eta^3. \\ k = -1 \text{ ушын} & \frac{q_0}{H_0(1 - 2q_0)^{3/2}}(\operatorname{Sh}\eta - \eta). \end{cases} \quad (9-25)$$

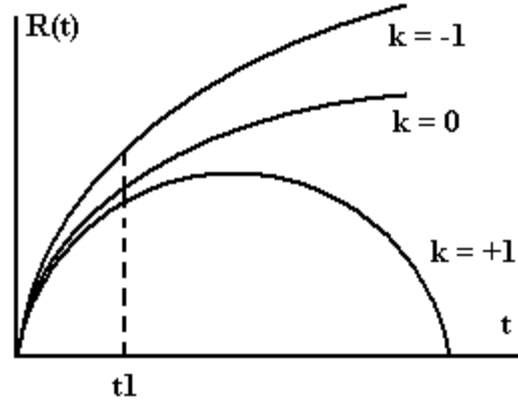
Joqarıda sheshilgen ma'selede $k=0$ bolg'an jag'day ushın juwaptan R_0 di joq qılıw mu'mkin emes ekenligin an'sat an'law mu'mkin. Bul fakt usınday jag'daylarda A'lemnin' ken'isliklik qashıqlıqlarda ıqtıyarlı masshtablarg'a iye bolatug'ınlg'ın, al onın' geometriyasının' waqıttın' barlıq momentlerinde birdey bolıp «ko'rinetug'ınlg'ın» sa'wlelendiredi. Sonlıqtan R_0 din' san ma'nisi qa'legen fizikalıq o'lsenetug'ın shamag'a kirmeydi.

Biz (9-24)- penen (9-25)-an'latpalardan a'hmiyetli juwmaqlar shıg'aramız:

A). A'lem jabıq bolg'an jag'day ($k=+1$). $R = \frac{q_0}{H_0(2q_0 - 1)^{3/2}}(1 - \cos\eta)$. Demek R din' ma'nisi η nın' ma'nisine g'a'rezli $(1 - \cos\eta)$ nızamı. Eger $\eta = 0$ ha'm $\eta = n\pi$ bolsa ($n=0, 1, 2, \dots$)

$R=0$. Al $\eta = (n/2)\pi$ bolg'an jag'daylarda $R = \frac{q_0}{H_0(2q_0 - 1)^{3/2}}$.

Biz ko'rgen misallardın' u'shewinde de $R=0$ bolg'an jag'daylardı ko'remiz. Sonın' menen birge bul jag'day $\eta = 0$ de $t = 0$ bolatug'ın ma'nislerge sa'ykes keledi ha'm $t \rightarrow 0$ de $R \rightarrow 0$, al tıg'ızlıq $\rho = \infty$ ekenligi kelip shıg'adı. Jabıq modelde $R=0$ jag'dayı da'wirli tu'rde qaytalanadı, al ashıq ha'm tegis modellerde $t = 0$ ($\eta = 0$) bolg'an waqıt momentinde tek bir ret orın aladı. $R(t)$ funktsiyası $t = 0$ ($\eta = 0$) bolg'an momentten baslap monotonlı tu'rde o'sedi. R din' maksimallıq ma'nisi [a'llette tek jabıq modelde ($k=+1$)] $R_{\max}=2* \frac{q_0}{H_0(2q_0-1)^{3/2}}$. Al ashıq ha'm tegis modellerde R din' ma'nisi sheksiz o'sedi. Bul 4-su'wrette keltirilgen.



4-su'wret. $R = R(t)$ g'a'rezlililigi. Bul su'wretke $\Lambda = 0$, bir tekli ha'm izotrop a'lem sa'ykes keledi. $k = +1$ bolg'an jag'dayda ken'eyiw qısılıw menen almasadı, $k = 0$ ha'm $k = -1$ bolg'an jag'daylarda ken'eyiw sheksiz dawam etedi. t_1 waqıt momenti ha'zirgi A'lemge sa'ykes keledi. U'sh jag'dayda da $R(t) = 0$ bolg'an jag'day baqlanadı (singulyarlıq)

Solay etip $t=0$ ma'nisindagi $R \rightarrow 0$ izotrop modeldin' ken'islik-waqıtlıq modelinin' ayırıqsha noqatı bolıp tabıladı (usı ga'pler jabıq modeldegi $R=0$ bolg'an barlıq noqatlarg'a da sa'ykes keledi). Eger R menen t arasındag'ı baylanısı anıqlaytug'ın bolsaq [(9-24) penen (9-25) ti salıstırıp tabamız ha'm ol baylanıs $R = \sqrt{\text{const} \cdot t}$ tu'rinde boladı], onda t nın' belgisi o'zgergende $R(t)$ shamasının' jormal ma'niske iye bolatug'ınlg'ın da'lilleydi. Interval ushın an'latpadag'ı g_{ij} tın' barlıq to'rt qurawshısı teris ma'niske, al g anıqlawshısı on' ma'niske iye bolg'an bolar edi. Fizikalıq jaqtan bunday metrika ma'niske iye emes. Bul metrikanı ayırıqsha noqattan t nın' teris ma'nislerine qaray dawam ettiriwdin' fizikalıq ma'niske iye bolmaytug'nılıg'ın ko'rsetedi.

Ekinshi jag'day. Nurlanıw basım bolg'an waqıtları joldas ken'isliktin' berilgen ko'lemindegi massa-energiya turaqlı bolmaydı. Bul jag'dayda fotonlardın' qızılga awısıwının' esabınan tıg'ızlıqtın' qosımsha kemeyiw effekti orın aladı. Sonlıqtan

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^4. \quad (9-26)$$

(9-19) dın' analogı mına ten'leme bolıp tabıladı:

$$\left(\frac{\dot{R}}{R} \right)^2 = \left(\frac{dR/d\eta}{R^2} \right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho_0 \left(\frac{R_0}{R} \right)^4 - \frac{k}{R^2}$$

yamasa

$$\frac{dR}{\left(\frac{8}{3} \pi G \rho_0 R_0^4 - k R^2 \right)} = d\eta.$$

Bul ten'lemenin' sheshimi mına tu'rge iye boladı:

$$R = \left(\frac{8\pi}{3} G \rho_0 R_0^4 \right)^{1/2} \begin{cases} k = +1 \text{ ушыын } \sin\eta, \\ k = 0 \text{ ушыын } \eta, \\ k = -1 \text{ ушыын } \operatorname{Sh}\eta. \end{cases} \quad (9-27)$$

(9-22) nin' ornına endi

$$q_0 = \frac{8\pi G}{3} \frac{\rho_0}{H_0^2},$$

al (9-23) tin' ornına

$$R_0^2 = \frac{k}{(q_0 - 1)H_0^2}, \quad (k = \pm 1)$$

an'latpalarına iye bolamız. Demek (9-27) endi

$$\frac{8\pi}{3} G \rho_0 R_0^4 = \begin{cases} k = \pm 1 \text{ ушыын } \frac{q_0}{(q_0 - 1)^2 H_0^2} \\ k = 0 \text{ ушыын } H_0^2 R_0^4. \end{cases} \quad (9-28)$$

Al $dt = R d\eta$ qatnasın integrallaw bizge mınanı beredi:

$$t = \begin{cases} k = +1 \text{ ушыын } \frac{1}{H_0} \left[\frac{q_0^{1/2}}{q_0 - 1} \right] (1 - \operatorname{Cos}\eta), \\ k = 0 \text{ ушыын } \frac{1}{2} H_0 R_0^2 \eta^2. \\ k = -1 \text{ ушыын } \frac{1}{H_0} \left[\frac{q_0^{1/2}}{q_0 - 1} \right] (\operatorname{Ch}\eta - 1). \end{cases} \quad (9-29)$$

Usı paragraftın' aqırında ja'ne bir kosmologiyalıq ma'seleni shesheyik. Jabıq Fridman a'lemin qarayıq ($k=+1$). Bul a'lemnin' barlıq o'miri ushın ketken waqtın' tek ju'da' kishi bo'legin nurlanıw da'wiri tutatug'ın bolsın. Joqarıda alıng'an na'tiyjelerden paydalanıp usı a'lem «tuwılǵ'annan» baslap o'lgenge shekem fotonnıń neshe ret a'lemdi aylanıp shıǵ'atug'ınlıǵ'ın esaplayıq.

Eger Fridman metrikasında waqt $d\eta = dt/R$ an'latpası menen esaplanatug'ın «razvertka mu'yeshi» menen anıqlanatug'ın bolsa radius boyınsha tarqalatug'ın foton ($d\varphi = d\psi = 0$) ushın jazılǵ'an interval mına tu'rge iye:

$$0 = ds^2 = R^2(\eta)(-d\eta^2 + d\chi^2).$$

Bul an'latpadag'ı $d\chi^2 = dr^2/(1-r^2)$ shaması 3 lik sferadag'ı «trigonometriyalıq» radiallıq koordinata. (9-24) ha'm (9-27) lerden a'lemnin' jasaw waqtı (R funktsiyasın' eki noli arasındag'ı aralıq) $\Delta\eta = 2\pi$ aralıǵ'ına sa'ykes keledi. Demek sol foton a'lemdi tek bir ret aylanıp shıǵ'adı eken.

Solay etip Eynshteyn ten'lemeleri izotrop ha'm bir tekli a'lem ushın a'piwayılasadı eken. Bunday a'lemdi Fridman a'lemi dep ataymız. Al Fridman a'lemi ushın ko'plegen ma'selelerdi sol a'piwayılastırılǵ'an Eynshteyn ten'lemelerin paydalanıp sheshiwge boladı eken.

§ 10. Ulıwma salıstırmalılıq teoriyasın' ulıwmalıq a'hmiyeti ha'm alternativ teoriyalar haqqında

Ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyası haqqında joqarıda keltirilgen mag'lawmatlar menen bir qatar Internet tarmag'ı arqalı alıng'an ko'p sanlı ilimiy mag'lıwmatlar tiykarında to'mendegidey juwmaqlar shıǵ'arıw mu'mkin:

1. Ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyası baqlanatug'ın astronomiyalıq effektlerdi da'l tu'sindiredi (planetaların' traektoriyalarına du'zetiwlir kirgiziw, jaqtılıqtın' jiyiliginin' o'zgeriwi, nurlardıń iymeyiwi, radiosignallardıń belgili bir aralıqlardı o'tkende keshigiwi);

2. Uliwmalıq salıstırmalılıq teoriyası A'lemnin' tutası menen alg'andag'ı en' ulıwmalıq qa'siyetlerin tu'sindiredi. Qara qurdımlardıń bar ekenligi boljandı. Qara kurdımlar tu'siniginin' ja'rdeminde rentgen qos sistemalarındag'ı, galaktikalar menen kvazarlardın' yadrolarındag'ı qubılıslar tabısı tu'rde tu'sindiriledi.

3. Gravitatsiyalıq tolqınlardıń bar ekenligi boljap ayıldı. Olardıń haqıyqatında da ta'biyatta bar ekenligi o'z ishine pulsarlardı alıwshı qos juldızlardın' qozg'alısınan anıqlandı.

4. Tartılıs teoriyasın geometriyalıq jaqtan formulirovkalaw ken'islik-waqıtlıq mnogoobraziyanın' qa'legen noqatında ha'm qa'legen erkin qozg'alıwshı baqlawshının' du'nyalıq sıızg'ı boylap lokallıq inertsiallıq koordinatalardı engiziwdin' mumkinshiligin avtomat tu'rde o'z ishine aladı. Bunday koordinatalar sistemasında salmaqsızlıq orın aladı al jog'altılmaytug'ın gravitatsiyalıq ta'sir qorshag'an ortalıqtı tasıw-qaytıw xarakterinde deformatsiyalaydı. Teoriyada salmaq maydanı²³ ha'm koordinata sistemasının' tezleniwshı kozg'alısı arasındag'ı lokallıq ekvivalentlilik printsipti orınlanadı. Ta'jiriybe ekvivalentlilik printsiptin tastıyıqlaydı.

5. Tartılıs ten'lemeleri materiyanın' qozg'alısı menen ken'islikti toltırıp turg'an maydannın' o'zgerisine belgili bir shekler qoyadı. Dara jag'dayda noqatlıq bo'lekshe ushın qozg'alıs ten'lemesinin' o'zi ken'islik-waqıttın' geometriyasının' saldarı bolıp tabıladı. Uliwma jag'dayda sol sheklewler gravitatsiyalıq ku'shlerdin' ta'sirin esapqa alg'andag'ı energiya, impuls ha'm moment ushın balans ten'lemeleri tu'rine iye boladı.

Usı atap o'tilgen ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyasının' 5 o'zgesheliginin' o'zi bul teoriyanın' a'hmiyetin ha'm durısılg'ın ayqın sa'wlelendiredi.

Eger kosmologiyag'a keletug'ın bolsaq biz to'mendegilerge toqtap o'temiz:

Eynshteyn ten'lemelerinin' qollanıw oblastları kishi qashıqlıqlar menen materiyanın' u'lken tıg'ızlıqlarında²⁴ sheklenbegen (bul ga'pler kishi qashıqlıqlar menen u'lken tıg'ızlıqlarda ten'lemelerdin' ishki qarama-qarsılıqlarg'a alıp kelmeytug'ınlıg'ının' saldarında ayılğ'an²⁵). Bunday mag'anada aytqanda ken'islik-waqıtlıq metrikanın' o'zgesheliklerin izertlew tolıqı menen korrektli jumıs bolıp tabıladı. Sonın' menen birge sonday qashıqlıqlar menen u'lken tıg'ızlıqlarda kvantlıq kubılıstardın' basım bolıp ketetug'ınlıg'ına gu'ma'n joq. Biraq bunday qubılısoar haqqında ha'zirgi teoriya hesh na'rse bilmeydi. Tek bolajaqta g'ana tartılıs teoriyası menen kvant teoriyasının' sintezi klassikalıq teoriyanın' kaysı na'tiyjelerinin' haqıyqıy ma'nislerin saqlaytug'ınlıg'ın anıqlay aladı. Qalay degen menen Eynshteyn ten'lemelerinin' she-shimlerinde ayırıqsha jag'daylardın' payda bolıw fakti teren' fizikalıq ma'niske iye boladı dep esaplaymız.

Biraq usı ayılğ'anlarga qaramastan, ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyasına alternativ teoriyalar payda bolmaqta. Neliikten alternativlik teoriyalar payda bolmaqta? Usı sorawg'a baylanısı eki tendentsiyanı atap o'temiz:

Birinshi tendentsiya ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyasın klassikalıq (kvantlıq emes) gravitatsiya oblastındag'ı durıs emes ha'm qanaatlardırmaytug'ın teoriya dep dag'azalaydı. Ma'selenin' bunday etip qoyılıwının' o'zinshe nyuansları bar. Ekinshi jag'daylar ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyası ja'rdeminde esaplang'an ayırım shamalardıń eksperimentlerde anıqlang'an shama-larg'a da'l sa'ykes kelmewinde. Ta'jiriybeler bunday teoriyalardıń uzaq waqıt jasap atırmag'anlıg'ın ko'rsetedi.

Alternativlik teoriyalardıń en' belgililerinin' biri A.A.Logunovtın' basshılıg'ında do'retilgen gravitatsiyanın' relyativistlik teoriyası bolıp tabıladı. Bul ha'm basqa da alternativ teoriyalardıń ko'pshiligi gravitatsiyanı ken'islik-waqıttın' geometriyasının' o'zgesheligi emes, al haqıyqıy fizikalıq maydan (mısalı elektromagnit maydanı, yadro ku'shleri maydanı ha'm basqalar) sıyaqlı maydan dep qaraydı. Demek sol teoriyalardıń avtorları teoriyanın' mazmunına emes, al formasına qayıl emes. Mısalı elektromagnit maydanı Maksvell elektrodinamikası tiykarında tolıq tu'sindiriledi ha'm elektromagnit maydanı haqıyqıy fizikalıq maydan bolıp

²³ «Salmaq maydanı», «Tartılıs maydanı» so'zleri bir ma'niste qollanılg'an.

²⁴ Ga'p Plank masshtabındag'ı qashıqlıq (10^{-33} sm) ha'm tıg'ızlıq (10^{96} g, sm³) haqqında ketip atır.

²⁵ Klassikalıq elektrodinamikada bunday jag'daylarda ishki qarama-qarsılıqlar ayqın ko'rinedi.

tabiladı (elektromagnit maydanın' Faradey-Maksvell tipindegi fizikalıq maydan dep ataymız, bunday ko'z qarastan qarag'anda ulıwma salıstırmalıq teoriyasındag'ı gravitatsiya maydanı fizikalıq maydan emes, al ken'islik-waqtın' iymeyiwi ekenligi biz ko'rdik). Onın' (elektromagnit maydanının') energiya-impuls tenzori sa'ykes tu'rlendiriw ha'm saqlanıw nızamlarına iye jaqsı ha'm lokallıq anıqlang'an fizikalıq shama bolıp tabıladı. Ulıwma salıstırmalıq teoriyasının' standart «geometriyalıq» formulirovkasında bolsa gravitatsiyalıq energiyanın' lokalizatsiyası anıq emes bolıp qaladı. Bul ulıwma salıstırmalıq teoriyasının' en' tiykarg'ı «kemshiligi» bolıp tabıladı.

2004-jılı «Uspexi fizicheskix nauk» jurnalının' 6-sanında «Gravitatsiyanın' relyativstlik teoriyasının' avtorları A.A.Logunov, M.A.Mestvirishvili ha'm V.A.Petrovlardıń «Kak bılı otkritı uravneniya Gilberta-Eynshteyna» maqalası shıqtı. Bul maqalanın' avtorlarının' mag'lıwmatları boyınsha gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemelerine Gilbert penen Eynshteyn bir birinen g'a'rezsiz eki tu'rli jol menen kelgen. Bul jollar ha'r qıylı edi, bıaq bul jollar bir maqsetke alıp kelgen. Eki avtor da o'zlerinin' atlarının' gravitatsiyalıq maydannın' ten'lemesinde turıwı ushın uring'an. Al ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası bolsa tolıg'ı menen A.Eynshteynnin' teoriyası bolıp tabıladı. Maqalanın' avtorlarının' «salıstırmalıqtın' dara teoriyasının' an'latpalarının' sızıqlı ortogonallıq tu'rlendiriwlerge qarata kovariant bolıwının' za'ru'rligi postulatına su'yengenligi sıyaqlı ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası barlıq ten'lemeler sistemasının' anıqlawshısı (opredeliteli) 1 ge ten' bolg'an tu'rlendiriwge qarata kovariantlılıg'ın postulatına tiykarlang'an. Bul teoriyanın' go'zzallıg'ı usı teoriyanı haqıyqatında da tu'sinetug'ın adamlardan jasırıp qala almaydı, teoriya Gauss, Riman, Kristofel, Rishshi ha'm Livi-Qivitalar ta'repinen rawajlandırılǵ'an absolyut differentsiallıq esaplawdın' haqıyqıy shın'ın an'g'artadı» so'zleri orınlı bolıp tabıladı.

Kosmologiya

Kirisiw

A'lemnin' payda bolıwı menen rawajlanıwı barlıq waqıtları adamzat tsivilizatsiyası tariyxında dıqqat orayında bolıp keldi. Sonın' na'tiyjesinde en' ullı ilimpazlar o'zlerinin' izer-tlewlerin A'lemnin' qurılısın anıqlawg'a bag'ıshladı (Gipparx, Aristotel, Ptolemey, A'l Beruniy, Mirza Ulıg'bek, Kopernik, Djordano Bruno ha'm basqalar). Biraq bul haqqında tek son'g'ı da'wirlerde g'ana ta'jiriybeler menen isenimli teoriyalarg'a (salıstırmalıq teoriyası, maydannın' kvant teoriyası, ha'zirgi elementar bo'leksheler teoriyası) tiykarlang'an ilimiy ta'limat anıq tu'rde qa'liplesti. Bul ta'limat inflyatsiyalıq kosmologiya bolıp tabıladı.

İnflyatsiyalıq kosmologiya en' ertedegi A'lemnin' fizikalıq halı menen ken'eyiw nızamı haqqındag'ı gipotezag'a tiykarlanıp, A'lemnin' da'slepki ken'eyiwiniń sebeplerin onın' ha'zirgi waqıtlardag'ı qa'siyetlerin tu'sindiriwge qollanıladı. Sonlıqtan inflyatsiyalıq kosmologiya bizin' ku'nlerimizdegi standart kosmologiyalıq model dep atalatug'ın modeldin' tiykarı ma'nisin quraydı.

Standart model ramkalarında (inflyatsiyalıq kosmologiyasız) A'lem en' da'slep u'lken da'llikte bir tekli ha'm izotrop, al onın' dinamikalıq evolyutsiyası Plank da'wirinen baslap (A'lem ken'eye baslag'annan keyin ($t_{PI} \approx 10^{-43}$ s, $\rho_{PI} \approx 10^{93}$ g/sm³) rekombinatsiya da'wirine shekem (bunnan keyingi shama menen 300 mın' jıllıq da'wir) $r = \varepsilon/3$ (r basım, ε energiyanın' tıg'ızlıg'ı) an'latpasına jaqın bolg'an hal ten'lemesi menen anıqlanadı. Usı da'wir ishinde masshtablıq faktor $R(t)$ waqıttın' $1/2$ -da'rejesine proporsional (yag'nıy $R(t) \propto t^{1/2}$), al $p \ll \varepsilon = \rho c^2$ (ρ arqalı zattın' tıg'ızlıg'ı belgilengen) hal ten'lemesi orın alatug'ın ha'zirgi ku'nlerge shekem $R(t) \propto t^{2/3}$ nızamı boyınsha o'sken. Usınday standart kosmologiyalıq model baqlawlar mag'lıwmatlarının' ko'pshiligin jaqsı tu'sindiredi. Biraq ha'zirgi A'lemnin' bazı bir qa'siyetlerin tu'sindire almaydı.

Usınday qa'siyetlerdin' biri A'lemnin' u'lken masshtablardag'ı bir tekililigi menen izotropiyası bolıp tabıladı. A'lemnin' ha'zirgi waqıtları baqlanıwı mu'mkin bolg'an o'lshegi l_0 o'zinin' shamasının' da'rejesi boyınsha Xabbl qashıqlıg'ı dep atalatug'ın qashıqlıqqa sa'ykes keledi ($R_H = c/H_0 \approx 10^{28}$ sm, H_0 arqalı Xabbl turaqlısı belgilengen). Basqa so'z benen aytqanda ha'zirgi zaman observatoriyalarında du'nyanın' bir birinen qashıqlıg'ı $l \leq l_0$ bolg'an ushastkaların (bo'lekshelerin) baqlaw mu'mkin. Usı bo'leksheler arasındag'ı qashıqlıqlar $R(t)$ g'a proporsional o'sken, al o'tken da'wirlerde²⁶ bolsa bul qashıqlıqlar kishi bolg'an. Standart model boyınsha Plank da'wirinde ($t_{PI} \approx 10^{-43}$ s) bul qashıqlıq $l' = l_0 R(t_{PI}) / R(t_0) \approx 10^{-3}$ sm g'ana bolg'an. Al bir biri menen sebep penen baylanısqaqan oblastlardın' o'lshegi (bul shamanı gorizonttın' o'lshegi dep ataydı) $l_{PI} = st_{PI} \approx 10^{-33}$ sm den aspaydı. Demek bizdi qızıqtıratug'ın ko'lemde bir biri menen sebeplilik penen baylanıspaytug'ın shama menen 10^{90} day oblast bolg'an. Usıg'an baylanıslı biz Plank da'wirinde sol oblastlardın' barlıg'ında da birdey baslang'ısh sha'rtler bolg'an dep boljawg'a²⁷ ma'jbu'r bolamız. Baslang'ısh sha'rtler haqqındag'ı bul talqılawlar baqlanbaytug'ın (baqlanıwı mu'mkin bolmag'an), sonın' menen birge ha'zirgi zaman fizikalıq teoriyalarının' qollanıwının' shegarası bolg'an Plank da'wirine tiyisli. Biraq tap sonday juwmaqlarg'a keyingi, baqlanıwı mu'mkin bolg'an da'wirlerge (mısalı rekombinatsiya da'wiri) baylanıslı da kelemiz. Haqıyqatında da bizge bir neshe mu'yeshlik graduslardan keletug'ın reliktiv nurlar fotonları en' keyingi ret standart model boyınsha bir biri menen sebeplilik baylanısları joq oblastlardag'ı plazma elementleri menen ta'sirlesken (yag'nıy sol atomlarda shashırag'an). Sonlıqtan sol reliktiv nurlardı birdey qa'siyetlerge iye dep qarawg'a hesh qanday

²⁶ Bul jumista da'wirdin' atı ayqın ko'rsetilmegen jag'daylarda astronomiyalıq da'wirler (yag'nıy milliardlag'an jıllar) na'zerde tutıladı.

²⁷ Bul boljam postulat bolıp tabıladı. Sonlıqtan biz boljaymız degen so'zdin' ornına «postulatlaymız» (russhası «postuliruem») degen so'zdi de qollanamız.

tiykar joq. Biraq sog'an qaramastan ha'r qıylı bag'ıtlardan keletug'ın reliktiv nurlardıń temperaturası u'lken da'lliklerde ($\sim 10^{-4}$) birdey. Solay etip baqlawlar A'lemnin' bir tekli ha'm izotrop ekenligin da'llileydi. Al usınday qa'siyetlerdin' payda bolıwının sebepleri tu'siniksiz bolıp qaladı.

A'lemnin' usı waqıtlarg'a shekem tu'sindirilmegen ekinshi qa'siyeti $\Omega = \rho/\rho_{kr}$ parametrinin' ma'nisinin' birge jaqınlıg'ında ($\Omega \approx 1$, al $\rho_{kr} \approx 5 \cdot 10^{-10}$ g/sm³). Bahalawlar na'tiyjeleri boyınsha ha'zirgi waqıtları $\Omega = \Omega_0$ shamasının' ma'nisi $0,003 < \Omega_0 < 2$. Demek du'nyanın'²⁸ Ω nın' birge ten', birden u'lken yamasa birden kishi ekenligine baylanıslı «-» yamasa «+» belgisine iye bolg'an ken'isliklik mayısqańlıg'ının' radiusı Xabbl qashıqlıg'ınan a'dewir kishi bola almaydı. Sonın' menen birge $\Omega = 1$, sog'an sa'ykes du'nyanın' tegis bolıwı da mu'mkin (ken'isliktin' mayısqańlıg'ı nolge ten'). Dinamikanın' tenlemelerinen eger ha'zirgi da'wirlerde Ω nın' ma'nisi birge ten' bolmasa, biraq joqarıda ko'rsetilgen shekler ishinde jatsa, waqıttın' funktsiyası bolg'anlıqtan burınları $\Omega = 1 \pm 10^{-8}$ da'llikte birge jaqın bolg'anlıg'ı kelip shıg'adı. Basqa so'z benen aytqanda ken'eyiwshi zatların' kinetikalıq ha'm potentsial energiyaları arasında joqarı da'lliktegi balans (ten'lik) orın alg'an.

U'shinshiden, A'lemnin' qurılısının' nelikten galaktiktikalar menen olardıń toparlarınan turatug'ınlıg'ı usı waqıtlarg'a shekem standart kosmologiya tiykarında tu'sindirilgen joq.

Joqarıda keltirilgen tiykarıg'ı u'sh ma'seleni tu'sindiriw maqsetinde 1980-jıllardan baslap ha'zirgi waqıtları kosmologıyanın' ajralmas bo'legine aylang'an inflyatsiyalıq kosmologiya qa'liplese basladı. Bul kosmologıyanın' tiykarıg'ı o'zgesheligi en' da'slepki A'lemnin' rawajlanıwının' belgili bir etaplarındag'ı $R(t) \propto t^{1/2}$ g'a'rezliliginen bas tartıw bolıp tabıladı. Inflyatsiyalıq kosmologiya modelinde (İKM) barionlıq zaryadlar payda bolatug'ın da'wir aldında A'lem $R(t) \sim 1/\text{Hexp}(Ht)$ nızamına jaqın nızam boyınsha ken'eyedi. Bul an'latpadag'ı N arqalı ken'eyiwdin' inflyatsiyalıq stadiyasındag'ı Xabbl turaqlısı belgilengen. Onın' ma'nisi $10^{42} \text{ s}^{-1} > H > 10^{36} \text{ c}^{-1}$ sheklari ishinde boladı ha'm Xabbl turaqlısınnıń ha'zirgi waqıtlardag'ı ma'nisinen og'ada u'lken. Ken'eyiwdin' bunday nızamı $r = -\varepsilon$ bolg'an hal ten'lemesine sa'ykes keliwshi fizikalıq maydanlardın' halları menen ta'miyinlenedi (yag'nıy teris ma'niske iye basımg'a iye hal). Ken'eyiwdin' bunday stadiyasın inflyatsiyalıq stadiya dep ataydı. Sebebi inflyatsiya barısında masshtablıq faktor ha'm sonın' menen birge qa'legen eki noqat arasındag'ı qashıqlıq u'lkeyedi, al energıyanın' tıg'ızlıg'ı ε o'zgermey qaladı. Usınday a'dettegidey emes kubılıs tek teris ma'nisli basımlar (bul keriwge sa'ykes keledi) orın alg'anda ju'zege keledi²⁹. Al energıyasının' ma'nisi on', basımının' ma'nisi teris bolg'an hal turaqlı emes. Sonlıqtan A'lemnin' ken'eyiw stadiyasın ju'zege keltiretug'ın maydannın' energıyası ε a'dettegi bo'lekshelerdin' energıyasına aylanadı. Zatlar menen nurlanıw joqarı temperaturag'a iye boladı ha'm A'lem ken'eyiwdin' radiatsiya basım bolatug'ın rejimine o'tedi (bul rejimde $R(t) \sim t^{1/2}$). Inflyatsiya stadiyasının' jetkilikli da'rejedegi uzaqlıg'ında (waqıt boyınsha) ha'zirgi waqıtları baqlanatug'ın A'lemnin' barlıq bo'legi inflyatsiyag'a shekemgi sebep penen baylanısqań bir oblasttıń ken'eyiwiniń na'tiyjesi bolıp shıg'adı. Bul jag'daylar o'zinshe ha'zirgi waqıtlardag'ı iri masshtablıq bir teklik penen izotroplıqqa kepillik bermese de onın' ju'zege keliwin tu'sindire aladı. Sebebi en' da'slepki sebeplilik penen baylanısqań oblasttı bir tekli ha'm izotrop dep esaplaw ta'biyiy bolıp tabıladı. Usının' menen bir qatar ken'eyiwdin' inflyatsiya stadiyasında ken'isliklik mayısqańlıq radiusı sonshama u'lkeyedi, na'tiyjede Ω nın' ha'zirgi waqıtlardag'ı ma'nisi avtomat tu'rde birge jaqınlasadı.

Inflyatsiyalıq A'lem modelinin' ja'ne bir a'hmiyeti anıq amplitudag'a ha'm spektrinin' formasına iye tıg'ızlıq fluktuatsıyasının' payda bolıw mu'mkinshiliginde (bunı vozmushenielerdin' tegis spektri dep ataydı). Bunday spektr u'lken masshtablardag'ı bir teklik penen izotroplılıqtı saqlap qalıw menen birge A'lemnin' baqlanatug'ın strukturalılıg'ının' (galaktikalar menen olardıń jıynaqlarının') qa'liplesiwin tu'sindire aladı. Tıg'ızlıq vozmushenielerinin' payda

²⁸ Du'nya so'zi A'lem so'zinin' sinonimi sıpatında qollanıladı.

²⁹ Biz ulıwma fizika kursınan a'dettegi basımg'a on' ma'niske iye energiya sa'ykes keletug'ın bolsa keriwge (teris ma'nisli basımg'a) teris ma'nisli energıyanın' sa'ykes keletug'ınlıg'ın bilemiz.

bolıwı sebepleri de shama menen en' ertedegi A'lemdegi intensivli gravitatsiya maydanında bo'lekshelerdin' payda bolıw sebepleri menen birdey. Bir qatar teoriyalıq jumıslarg'a sa'ykes inflyatsiyalıq A'lem modeli ken'eyiwdin' inflyatsiyalıq stadiyasın boldıratug'ın maydan teoriyası ma'selelerin de sheshe aladı. Mısalı magnit monopoli sıyaqlı ekzotikalıq bo'lekshelerdin' sanının' u'lken emes ekenligi (bul juwmaq baqlawlar na'tiyjelerine sa'ykes keledi). Ma'selenin' en' a'hmiyetli ta'replerinin' biri sonnan ibarat, inflyatsiyalıq A'lem modeli A'lem ne ushın ken'eyedi degen sorawg'a juwap bere aladı. Bul juwap to'mendegidey: Jetkilikli da'rejedegi u'lken teris ma'nisli basımlarda (mısalı $r = -\varepsilon$ bolg'anda) ulıwma salıstırmalılıq teoriyasına sa'ykes ku'sh a'dettegi ku'shke salıstırğ'anda teris ma'niske iye boladı. Bul jag'dayda gravitatsiya $r = -\varepsilon$ maydanındag'ı bo'leksheler arasındag'ı o'z-ara iyterisiwdi ta'miyinleydi. Demek inflyatsiyalıq stadiyadag'ı ken'eyiwge bo'lekshelerdin' bir birinen tezle-

niwshi tu'rdegi qashıqlasıwı sa'ykes keledi. Sebebi tezleniw $\frac{d^2(Ae^{Ht})}{dt^2} = +H^2 Ae^{Ht}$ on' ma'niske iye, al radiatsiya basım bolg'an da'wirdegi ken'eyiw a'steleniw menen ju'redi, sebebi $\frac{d^2(B\sqrt{t})}{dt^2} = \frac{1}{4} \frac{B}{\sqrt{t^2}}$ tezleniwi teris ma'niske iye boladı (bul an'latpalarda $A > 0$ ha'm $B > 0$ lar arqalı konstantalar belgilengen).

Usı jag'daylardı esapqa alg'an halda bul pitkeriw qa'nigelik jumısında inflyatsiyalıq kosmologiya ha'zirgi zaman kosmologiyasının' tiykarg'ı buwını sıpatında bayanlang'an ha'm bul tarawg'a baylanışlı ayırım izertlew jumısları orınlang'an. Za'ru'rli bolg'an mag'lıwmatlar internet tarmag'ınan alındı (bul haqqında pitkeriw jumısı aqırında dizim berilgen), al esaplaw protseduraları Mathematica 5 tilinde a'melge asırıldı.

Pitkeriw qa'nigelik jumısı 2004/2005-oqıw jılı dawamında orınladı.

STANDART KOSMOLOGİYA LIQ MODEL

§ 1. Standart kosmologiyalıq modeldin' tiykarg'ı o'zgeshelikleri

Kosmologiya A'lemnin' astronomiyalıq baqlawlarg'a alıng'an bo'legin tutası menen izer-tleytug'ın, baqlaw mag'lıwmatları menen teoriyalıq juwmaqlarg'a tiykarlanatug'ın fizikalıq ta'limat bolıp tabıladı. Kosmologiyanın' teoriyalıq fundamenti sıpatın tiykarg'ı fizikalıq teoriyalar (gravitatsiya teoriyası, elektro-magnit maydanı teoriyası, kvant teoriyası ha'm basqalar) iyeleydi. Kosmologiya ushın emperikalıq mag'lıwmatlardı tiykarınan galaktikadan tıs astronomiya beredi, al onın' juwmaqları menen ulıwmalastırıwları pu'tkil du'nya haqqındag'ı ulıwma ilimiy ha'm filosofiyalıq a'hmiyetke iye.

Kosmologiyada a'hmiyetli orındı tartılıs iyeleydi. Sebebi tartılıs massalardın' kosmologiya ushın xarakterli bolg'an u'lken aralıqlardag'ı ta'sirlesiwlerin ha'm sog'an sa'ykes kosmoslıq materiyanın' dinamikasın anıqlaydı. Kosmoslıq materiyanın' dinamikasın u'yreniw menen bir qatar kosmologiya onın' ha'zirgi waqıtlardag'ı fizikalıq qa'siyetlerin ja'ne evolyutsiyasın izer-tleydi.

Juldızlardın', galaktikalardın' quramındag'ı zatlar, galaktikalar aralıq gazler ha'm basqalar burıng'ı waqıtları basqa qa'siyetlerge iye bolg'an. Ha'zirgi waqıtlardag'ı kosmologiyalıq ko'z-qaraslar boyınsha ol zatlar usı waqıtlarg'a shekem eksperimentallıq fizika jete almag'an basımlar menen joqarı temperaturalar stadiyasın o'tken. Bul stadiya ha'zirgi ku'nlerden $13,7 \pm 0,3$ mlrd jıl burın o'tti. Shaması sol waqıtları da'slepki materiya bir tekli ha'm izotrop bolıp tarqalg'an ha'm tıg'ızlıq penen temperaturanın' to'menlewine alıp keletug'ın ken'eyiw halında bolg'an. 10^{12} - 10^{11} K temperaturalarında ken'eyiwdin' xarakterli waqıtı (mısalı temperaturanın' ma'nisinin' eki ese kemeyiw waqıtı) sekundtın' mın'nan bir u'lesin kurag'an. Temperatura $\sim 10^{11}$ K ke shekem to'menlegende materiyanın' tıg'ızlıg'ı (sonın' ishinde nurlanıw da, bo'leksheler de, anti-bo'leksheler de bar) yadrolıq zattın' tıg'ızlıg'ınday bolıwı kerek. Evolyutsiyanın' usı momenti-

nen baslap materiyanın' qa'siyetlerin u'yreniw yadroliq fizikada ashılg'an faktler menen teoriyalar tiykarında ju'rgiziledi.

$T \gg 10^{10}-10^8$ K temperaturasına ha'm $t \sim 1$ sekund ken'eyiw waqtına sa'ykes keliwshi A'lem tikkeley baqlaw mag'lıwmatlarına iye en' da'slepki a'lem bolıp tabıladı. Bul da'wirde protonlar menen neytronlardan geliy, deyteriy ha'm basqa da jen'il elementlerdin' yadroları payda bolg'an bolıwı kerek. Bul elementlerdin' ha'zirgi waqıtlardag'ı kosmoslıq zatlarda bolıwı esaplaw mag'lıwmatlarına sa'ykes keledi ha'm sol elementlerdin' kosmologiyalıq payda bolıwınan derek beredi (awır elementler juldızlarda sintezlenedi).

Jen'il elementlerdin' yadroları payda bolg'annan keyin ($t \sim 100$ s) zatlar ele de (shama menen 1 mln. jıl) plazma halında boladı. Usı plazma menen nurlanıw da ten' salmaqlıq halda turg'an zatların' (yag'nıy protonların', elektronların', jen'il elementlerdin') yadrolarının' temperaturaları nurlanıw temperaturasına ten'. Joqarı tıg'ızlıq penen joqarı temperatura neytral atomların' payda bolıwına mu'mkinshilik bermegen. Temperatura $T = 4000$ K g'a shekem to'menlegende elektronlar elementlerdin' yadroları menen birige alg'an. Bul da'wirdi zatlar menen nurlanıwdın' bo'liniw da'wiri (rekombinatsiya da'wiri) dep ataydı. Fotonlar zatlar menen aktiv tu'rde ta'sirlese almag'an. Usının' na'tiyjesinde olar erkin tu'rde tarqalg'an. Bul fotonlar ha'zirgi waqıtları ten' salmaqlıq reliktiv nurlar (mikrotolqınlıq fonlıq nurlanıw) tu'rinde baqlanadı.

Shaması, A'lemnin' evolyutsiyasının' en' da'slepki da'wirlerinin' o'zinde bir teklik penen izotroplıqtan kishi-girim awıttıqlar bolg'an. Rekombinatsiya da'wirinen tikkeley keyingi da'wirde bir teklik penen izotropiyanın' vozmushenieleri gravitatsiyalıq turaqsızlıqtın' saldarınan u'lkeye baslaydı. Atap aytqanda tap usınday kishi vozmushenieler aqır-ayag'ında ha'zirgi waqıtları baqlanatug'ın galaktikalar ha'm olardın' jıynaqları tu'rindegi ken'isliktegi qurılıstın' payda bolıwına alıp keldi dep boljanadı.

Ha'zirgi waqıttag'ı A'lem tek galaktikalardın' ko'p sandag'ı jıynaqların o'z ishine kamtıytug'ın u'lken masshtablarda g'ana joqarı da'rejedegi bir teklik penen izotropiyag'a iye. Al kishirek masshtablarda (ayırım galaktikalar yamasa olardın' jıynag'ı ushın) bir teklikliktin' joqlıg'ı menen anizotropiya orın aladı. Usıg'an baylanıslı kosmologiya eki bag'ıtta rawajlanıp atır. Olardın' biri bir teklik penen izotroplıq printsipinen shıg'ıp ha'zirgi A'lemnin' u'lken masshtablardag'ı qurılısın, onın' evolyutsiyasın ha'm da'slepki (ertedegi) A'lemdegi fizikalıq protsesslerdi ta'ripleydi. Ekinshi bag'ıt o'z ishine bir teklik penen izotroplıqtan qansha bolsa da u'lken awıttıqlardı esapqa aladı (bul bag'ıttı bir tekli emes anizotropiyalıq A'lem teoriiyası dep te ataydı). Bul bag'ıt A'lemnin' kishi masshtablardag'ı qurılısının' payda bolıwı menen rawajlanıwın ta'riplewde ken'nen qollanıladi.

Zatlar menen gravitatsiyalıq maydannın' evolyutsiyasın ta'riplewdin' teoriyalıq tiykarı tartısıwdın' relyativistlik (kvanthıq emes) teoriiyası menen zatlar ha'm nurlanıwdın' kvant teoriiyası bolıp tabıladı. Olardın' birinshisi materiyanın' mexanikalıq qozg'alısın, al ekinshisi jaqtılıqtın' jutılıwı menen shıg'arılıwı, bo'leksheler menen antibo'lekshelerdin' tuwılıwı menen annigilyatsiyası protsesslerin, yadroliq reaksiyalardı ha'm basqalardı ta'ripleydi. Da'slepki materiyanın' tarqalıwının' (bo'listiriliwinin') bir tekligi menen izotroplılıg'ı haqqındag'ı boljawlar o'zinin' durıslıg'ın ken'eyiwshi bir tekli izotrop A'lem modellerinde tabadı. Bunday modellerdi Fridmannın' kosmologiyalıq modelleri dep ataydı. Sebebi A'lemnin' birinshi statsionar emes modelleri birinshi ret 1922-jılı A.A.Fridman ta'repinen A.Eynshteynnin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriiyası (tartısıw teoriiyası) tiykarında usınıldı. Bul modellerde A'lemnin' ken'eyiwi tıg'ızlıg'ı sheksiz u'lken bolg'an haldan (singulyarlıqtan) baslanadı. Bunday haldag'ı zatların' qa'siyetleri belgisiz. Zatların' ha'zirgi waqıtları bar teoriyalardı zatlarg'a

$$\rho_{Pl} = \frac{c^5}{G^2 h} \sim 10^{93} \text{ g/sm}^3, \text{ al temperatura } T_{Pl} = \frac{1}{k} \sqrt{\frac{c^5 h}{G}} \sim 10^{32} \text{ K}$$
 nan to'men bolg'anda g'ana

qollanıwg'a boladı. Tıg'ızlıq penen temperaturanın' bul ma'nisleri Plank tıg'ızlıg'ı ha'm Plank temperaturası dep ataydı. Olar jaqtılıqtın' tezligi s , gravitatsiya turaqlısı G , Plank turaqlısı h ha'm Boltsman turaqlısı k nın' ma'nislerinen aling'an. Fridmannın' kosmologiyalıq modellerine

sa'ykes T_{PI} menen ρ_{PI} dın' ma'nisleri jası $t \sim t_{PI} = \sqrt{\frac{Gh}{c^5}} \sim 10^{32}$ s bolg'an A'lem ushın xarakterli.

Ha'zirgi waqıtlardag'ı fizikalıq sharayatlar sonday, olardı ta'riplew ushın fizika iliminde ele do'retilmegen tartısıwdın' kvant teoriyası (gravitatsiyanın' kvant teoriyası) za'ru'r.

§ 2. Ha'zirgi zaman kosmologiyasının' baqlaw tiykarları

Galaktikalar du'nyası. Ken'isliktin' bu'gingi ku'nge shekem jaqsı izertlengen oblastında (yag'nıy 1500-2000 Mpk ke shekemgi aralıqlar) bir neshe milliard juldızlar sistemaları – galaktikalar jaylasqan. Solay etip A'lemnin' baqlanatug'ın oblastı (bul oblasttı Metagalaktika dep te ataydı) birinshi gezekte galaktikalar du'nyası bolıp tabıladı. Galaktikalardıń basım ko'pshiligi ha'r qaysısında onlag'an, ju'zlegen ha'm mın'lag'an galaktikaları bar toparlar menen jiynaqlardıń quramına kiredi. Bizin' Galaktikamız³⁰ bolsa galaktikalardıń jergilikli toparına kiredi. Al usı jergilikli topar bolsa Deva shoq juldızı ta'repindegi galaktikalar toparına jalg'asadı. Devadag'ı galaktikalar jiynag'ı mın'nan aslam ag'zag'a iye ha'm $\gg 3$ Mpk o'lshege iye, al og'an shekemgi qashıqlıq $\gg 20$ Mpk.

Galaktikalardıń ken'isliktegi tarqalıw nızamlılıqların anıqlaw ushın aspan sferasında ha'r qıylı bag'ıtlardag'ı galaktikalardıń ha'r qıylı «teren'liklerge» shekemgi sanı esaplandı (yag'nıy u'lken ko'riniwshi juldızlıq shamalg'a shekem). Baqlawlar 14-juldızlıq shamadan ha'zirgi waqıtlardag'ı teleskoplar menen baqlanıwı mu'mkin bolg'an en' a'zzi galaktikalar (shama menen 24^m) ushın ken'isliktegi bir tekli tarqalıwdın' xarakterli ekenligin ko'rsetti. Xarakterli o'lshegi ~ 100 Mpk bolg'an ko'lemde (bunday ko'lemde galaktikalardıń ko'p sanlı jiynaqları jaylasadı) zattın' ortasha tig'izlig'ı ρ (galaktikalardıń «shashıratılğ'an» zatları) bir neshe mın' Mpk bolg'an ko'lemdegi tig'izlik penen birdey ($\gg 3 \cdot 10^{-31}$ g/sm³ anaw yamasa mınaw ta'repke qaray bir qansha qa'telik penen, qa'teliktin' shaması $3 \cdot 10^{-31}$ den bir neshe ese u'lken).

Juldızlardı payda etiwshi zatlardan basqa Metagalaktikada zatlar menen nurlanıwdın' basqa da tu'rleri bar: neytral ha'm ionlasqan gaz (galaktikalar jiynag'ında ha'm jiynaqlar arasında), shan'-tozan', kosmos nurları, a'zzi magnit maydanları (onın' ju'da' a'hmiyetli qurawshısı reliktiv radionurlanıwı bolıp tabıladı). Zatlardıń usınday tu'rlerinin' energiyanın' ulıwmalıq tig'izlig'ına qosqan u'lesi u'lken emes. Energiyanın' tig'izlig'ına a'dettegi zatlar menen a'zzi ta'sirlesetug'ın, sonın' ushın baqlanıwı qıyın bolg'an materiyanın' tu'rlerinin' u'lesi de belgili emes. A'sirese neytrınonın' (massasız yamasa massag'a iye ekenligi ele belgisiz) ha'm gravitatsiyalıq tolqınlardıń energiyaların' tig'izlig'ın bilgen a'hmiyetli bolg'an bolar edi. Galaktikalar arasındag'ı ken'isliklerde materiyanın' ele ashılmag'an tu'rlerinin' de bolıwı mu'mkin.

Metagalaktikadag'ı materiyanın' barlıq tu'rlerinin' bir tekiligin alıstag'ı radiodereklerdin' (olar kenislikti bir tekli toltıradı) sanların esaplaw da, galaktikalardıń pekulyar tezliklerinin' (yag'nıy sistemalıq emes, al tosınnan bolatug'ın) kishi ekenligi de, reliktiv nurlardıń izotropiyası da tastıyıqlaydı.

Galaktikalar jiynaqlarının', basqa da zatlardıń ha'm nurlardıń ken'isliktegi bir tekli tarqalg'anlıg'ının' eksperimentte tastıyıqlang'anlıg'ın esapqa alıp Kosmologiya Metagalaktikanı tutas ortalıq dep qaraydı. A'lemnin' u'lken masshtablardag'ı qurılısı haqqındag'ı usınday ko'z-qaraslar en' keminde birinshi jaqınlasıw sıpatında (v kashestve pervogo priblijeniya) jaramlı.

§ 3. A'lemnin' stantsionar emes ekenligi

A'lemnin' statsionar emes ekenligin juldızlar menen juldızlar toparların' evolyutsiyası, juldızlardıń partlanıwı menen juldızlardan, galaktikalar yadrosınan zatlardıń ag'ıp shıg'ıwı ko'rsetedi. Sonın' menen birge A'lemnin' baqlanatug'ın bo'liminin' statsionar emes ekenligi onın' ken'eyiwinde ko'rinedi. Bul ken'eyiw alıstag'ı galaktikalardıń sistemalı qozg'alıslarınan anıqlang'an.

³⁰ Bizin' Galaktikamızdı (onı a'dette Kus jolı dep te ataymız) u'lken ha'rip penen jazamız.

Alıstag'ı galaktikalardın' spektrindegi sızıqlar Jerdegi laboratoriyalarda alıng'an tap sol sızıqlarg'a qarag'anda spektrdin' qızıl ta'repine qaray jılısqan. Spektr sızıg'ının' tolqın uzınlıg'ının' salıstırmalı o'zgerisi (yag'nıy qızılğ'a awısıwı)

$$z = (1 - l_0)/l_0. \quad (1)$$

Bul an'latpada l_0 arqalı laboratoriyalıq tolqın uzınlıg'ı, l arqalı uzaqtag'ı galaktikanın' awısqan sızıg'ının' tolqın uzınlıg'ı an'latılğ'an. An'latpadag'ı z tin' shaması uzaqtag'ı kvazarlar ushın 3,5 ke jetedi. Spektr sızıqlarının' qızılğ'a awısıwı jaqtılıqtın' dereginin' baqlawshıdan qashıqlasıw bag'ıtındag'ı qozg'alısına baylanıslı bolğ'an Doppler effekti ja'rdeminde tu'sindiriledi. Eger derektin' tezligi $v \ll c$ bolsa jiyiliktin' o'zgerisi $z \gg v/c$. Solay etip o'lishengen z tin' ma'nisi boyınsha galaktikalardın' qashıqlasıw tezliginin' nurlıq tezligin anıqlawg'a boladı. Barlıq uzaqtag'ı galaktikalardın' spektrlerindegi qızılğ'a awısıw sol galaktikalardın' bizin' Galaktikamızdan ha'm bir birinen qashıqlasıp baratırğ'anlıg'ın bildiredi. Galaktikalardın' bunday qozg'alısları ulıwmalıq ha'm tiykarg'ı qozg'alıslar bolıp tabıladı. Bul qozg'alıslarg'a ayırım galaktikalardın' kishi (pekulyarlıq) qozg'alısları qosıladı.

Metagalaktikanın' ken'eyiwi (statsionar emesligi) isenimli tu'rde anıqlang'an. Usı qubılıstı birinshi ret baqlag'an Amerikalı astronom E. Xabbl 1929-jılı baqlawlar mag'lıwmatları boyınsha z ha'm alıstag'ı galaktikalarg'a shekemgi qashıqlıq arasındag'ı proportsionalıqtı taptı:

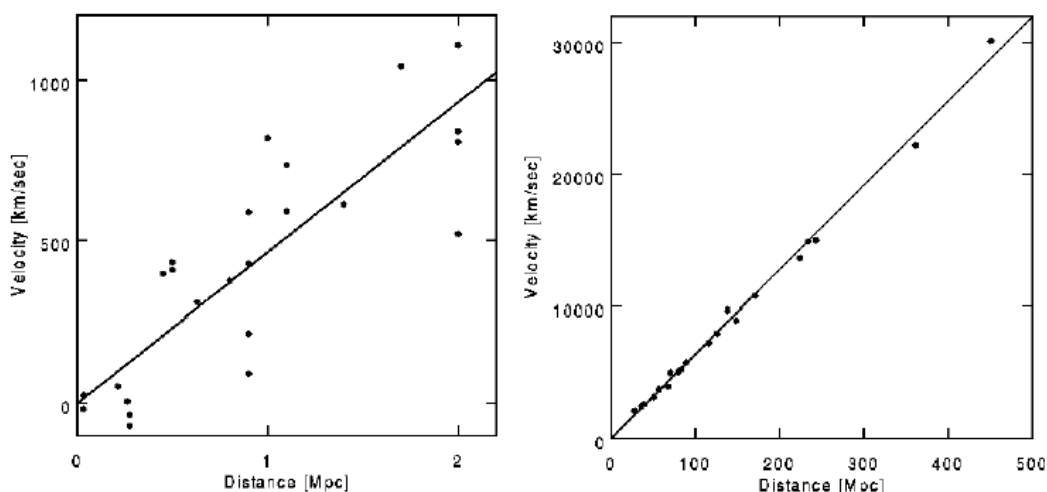
$$z = H \cdot r / c. \quad (2)$$

Bul an'latpada N arqalı Xabbl turaqlısı (Xabbl parametri belgilengen). Bul an'latpadan galaktikag'a shekemgi qashıqlıq qanshama u'iken bolsa, onın' radiallıq (nurlıq) tezliginin' de sonshama u'iken bolatug'ınılg'ı kelip shıg'adı:

$$v = H \cdot r \quad (3)$$

N tin' ma'nisi aspan sferasındag'ı bag'ıtqa yamasa galaktikag'a shekemgi qashıqlıqqa g'a'rezli emes. Ha'zirgi bahalawlar boyınsha onın' ma'nisi shama menen $72 \text{ km}/(\text{Mps} \cdot \text{s})$. Keri shaması bolsa waqıttın' o'lishemine ten' ha'm $t_H = 1/H \gg 10$ mlrd jıl.

(2)-nızamnın' durıslıg'ı isenimli tu'rde tekserilip ko'rilgen. (3)-nızam bolsa ayırım galaktikalar ushın da'l orınlanbaydı, al olardın' jıynaqları ushın da'l orınılanadı (sebebi bul jag'daylarda ayırım galaktikalardın' tosınnan bolatug'ın tezlikleri ortalanadı). Jıynaqtatı galaktikalardın' tezliklerinin' dispersiyası 1000 km/s qa jetedi, al galaktikalardın' jıynag'ı yamasa toparların' orayların' sonın' menen birge bunday jıynaqlar menen toparlarg'a kirmeytug'ın individual galaktikalardın' tezlikleri (3)-nızamg'a 15 protsentlik da'llikte sa'ykes keledi (1-su'wret). Ulıwmalıq Xabbl ken'eyiwine qosımsha bolğ'an tosınnan tezliklerdin' shamaları $50-100 \text{ km/s}$ shamasınan aspaydı.



1-su'wret: Xabbl diagrammaları galaktikalardın' bir birinen qashıqlasıw tezliklerinin' qashıqlıqqa g'a'reziligin sa'wlelendiredi.

Shep ta'reptegi su'wret (bul jerde qashıqlıqtın' en' u'iken ma'nisi 2 Mps ten armaz u'iken) Xabblın' o'zi alg'an diagramma. On' ta'reptegi su'wret (qashıqlıq 500 Mps) keyingi waqıtları alıng'an diagramma.

Baqlawlardın' en' a'hmiyetli faktleri qatarına Xabbl turaqlısı N tın' mu'yeshlik o'zgeriwshilerge ha'm r ge g'a'rezliliginin' joqlıg'ında. Ken'eyiwidin' izotropiyası, yag'nıy ken'eyiwidin' baqlanatug'ın kartinasının' aspan sferasındag'ı bag'ıtqa g'a'rezsizligi, orayı baqlaw noqatında bolg'an sferalıq simmetriyanın' bar ekenligin bildiredi. N tın' r den g'a'rezsizligi a'hmiyetlirek na'rseni – baqlanatug'ın kartinanın' ha'r qanday baqlaw noqatlarında birdeyligin, yag'nıy A'lemnin' bir tekliligin an'g'artadı. Jerde turg'an baqlawshının' awhalı hesh na'rse menen ayırıp alıng'an emes. Baqlawshı qashıqlasıp baratırğ'an galaktikalardıń qa'legen birewinde turıwı mu'mkin ha'm ol ushın ken'eyiw nızamı (3)-formula menen anıqlana beredi. Haqıyqatında da orayı A noqatında jaylasqan qozg'alıwshı koordinatalar sistemasına o'tiw mına formulalar boyınsha a'melge asırıladı:

$$\begin{aligned}r' &= r - r_A, \\v' &= v - v_A.\end{aligned}$$

Jan'a shtrixlang'an koordinatalar sisteması ushın (3)-nızam

$$v' = v - v_A = Nr - Nr_A = Nr'$$

tu'rine, yag'nıy buring'ı $v = N \cdot r'$ tu'rine iye boladı..

Aspan sferasındag'ı qanday da bir ayrıqsha bag'ıtlardıń joq ekenligi reliktiv radionurlanıwının' temperaturasınıń izotropiyasınan da tastıyqlanadı. Reliktiv nurlardıń fotonları bizge en' alıs galaktikalarg'a shekemgi qashıqlıqlardan bir neshe ese u'lken qashıqlıqlardan keledi. Biraq sol jag'dayg'a qaramastan ha'r qıylı bag'ıtlar ushın sol nurlarg'a sa'ykes keliwshi temperaturanın' ma'nisleri protsentsin' onnan bir u'lesindey da'llikte birdey boladı.

(1)-formula menen anıqlang'an z awısıwı onın' qa'legen ma'nisinde fizikalıq ma'niske iye bola beredi. Biraq $z = v/c$ ten'ligine baylanıslı og'an tek kishi bolg'an v/c ha'm z larda g'ana ma'nis beriledi (z tin' qasında z^2 tı esapqa almawg'a bolatug'ın jag'daylarda). Al $z \geq 1$ bolg'an jag'daylarda $z = v/c$ formulasınan paydalanıwg'a bolmaydı. Mısalı, ayırım kvazarlar ushın $z > 2$. A'llette bul jag'day kvazarlardın' bizden $> 2s$ tezligi menen qashıqlasıp baratırğ'anlıg'ın an'latpaydı. Arnawlı salıstırmalıq teoriyasına sa'ykes derektin' tezligi jaqtılıqtın' tezligine jaqınlag'anda z tin' shaması sheksizlikke umtıladı. U'lken z lerde jaqtılıqtın' derekten baqlawshıg'a jolındag'ı zatlardın' gravitatsiyalıq maydanı da u'lken ta'sir jasaydı. Bul qubılıstın' tolıq ta'ripnamasın relyativistlik kosmologiya beredi (bul haqqında 5-paragrafta tolıg'ıraq ga'p etiledi).

§ 4. Reliktiv radionurlanıw

A'lemnin' reliktiv nurlanıwı (ko'pshilik a'debiyatta A'lemnin' mikrotolqnıq fonlıq nurlanıw degen termin qollanıladı) 1965-jılı Amerikalı astronomlar A. Penzias ha'm R.Vilson ta'repinen ashıldı. Juldızlardın', galaktikalardıń ha'm basqa da astronomiyalıq dereklerin' nurlanıwınan reliktiv nurlanıw o'zinin' eki a'hmiyetli qa'siyetleri menen ayrıladı: mu'yeshlik anizotropiyası (yag'nıy aspannıń barlıq ushatkalarındag'ı birdey intensivlik) ha'm spektrinin' Plank (ten' salmaqlıq) forması. Onın' temperaturası $2,736 \pm 0,003$ K. Kosmologiya ushın reliktiv nurlardıń bar ekenliginin' o'zi ha'm onı A'lemdegi protsessler ha'm A'lemnin' qurılısı ja'rdeminde izertlew a'hmiyetli.

Ha'zirgi waqıtları (2005-jılı) reliktiv nurlanıwdın' spektrli barlıq diapazonda tolıq izertlen-gen (mısalı 1990-jılları 3 mm den 21 sm ge shekemgi tolqın uzınlıqları diapazonında jaqsı izer-tlengen edi). Barlıq diapazonda bul nurlanıwdın' intensivligi aspan sferasındag'ı bag'ıtqa baylanıslı emes (protsentsin' onnan biri da'lliginde). Bul jag'daydı biz nurlanıwdın' mu'yeshlik izotropiyası dep ataymız. Biraq bul izotropiya bir qansha o'zgesheliklerge iye. Mısalı izotropiya haqqındag'ı mag'lıwmatlar qaralıp atırğ'an mu'yeshlik masshtablarğ'a baylanıslı bir birinen bi-raz ayrıladı. Mayda masshtablarda (3 ten 150' ke shekem) mu'mkin bolg'an anizotropiyag'a $dT/T < 10^{-4}$ ten'sizligi tu'rinde shek bar (bul an'latpada dT arqalı temperaturanın' ten' salmaqlıq ma'nisi T dan awıtqıw an'latılğ'an). $>> 30^\circ$ masshtabında $dT/T < (3-5) \cdot 10^{-4}$. Al, aqırında, u'lken

mu'yeshlik masshtablarda $dT/T \gg 10^{-3}$ shamasindag'ı a'zzi dipollik anizotropiya orm aladı. Temperaturaların' bunday ayırması Quyash sistemasının' reliktiv nurlar fonına salıstırğ'andag'ı $v \approx 420$ km/s tezliktegi qozğ'alısı bolıp tabıladi. Quyashın' qozğ'alısı bag'ıtına qarama-qarsı bag'ıttag'ı reliktiv nurların' temperaturası og'an qarama-karsı bag'ıttag'ı temperaturadan joqarı. Ha'tte Jerdin' kuyash do'gereginde aylanıwına baylanışlı bolğ'an temperaturanın' jıllıq variatsiyası da baqlanadı.

Relativ nurlanıwdın' tıg'ızlıg'ı $5 \cdot 10^{-13}$ erg/sm³. Usınday xarakteristikag'a iye bolğ'an nurlanıw deregi termoyadroliq reaksiyalar bolğ'an juldızların' yamasa basqa da diskret dereklerin' (kosmologiyalıq qashıqlıqlarda jaylasqan kvazarlar ha'm basqalar) nurlanıwının' na'tiyjesi bola almaydı. Sonın' menen birge relativ nurlanıwdı Metagalaktikanın' rawajlanıwının' tıg'ız ha'm joqarı temperaturalı stadiyasınan qalg'an nurlanıw dep qaraw (usı sebeplerge baylanışlı bul nurlanıw reliktiv nurlanıw dep ataladı) ta'biyiy bolıp tabıladi ha'm basqa da eksperimentallıq na'tiyjelerge sa'ykes keledi. Fonlıq nurlanıwdın' spektrinin' Planklıq xakteri onın' reliktivlik kelip shıg'ıwının' juwmag'ı bolıp tabıladi. Sebebi A'lemnin' ken'eyiwi protsessinde da'slep Plank nızamına sa'ykes keliwshi nurlanıw spektri, Plank spektri bolıp qala beredi, al tek g'ana onın' temperaturası to'menleydi. Eger $R(t)$ arqalı Metagalaktikanın' qanday da bir ken'eyiwshi ko'leminin' o'lshegi berilgen bolsa, onda energiyanın' tıg'ızlıg'ı ken'eyiwge baylanışlı R^{-4} g'a proporsional nizam, fotonların' ortasha kontsentratsiyası ($\sim R^{-3}$) ha'm sol fotonların' ha'r qaysısının' energiyası ($\sim R^{-1}$) nızamı boyınsha o'zgeredi. Demek nurlanıw temperaturası $T \sim R^{-1}$ nızamı boyınsha to'menleydi.

A'lemnin' ken'eyiwinin' en' da'slepki stadiyalarında, yag'nıy joqarı temperaturalar da'wirinde neytral atomlar da, molekular da bolmag'an. Sebebi sol da'wirlerdegi fotonlar menen bo'lekshelerin' jıllıq qozğ'alılarının' energiyası atomlar menen molekularların' baylanış energiyalarından artıq bolğ'an. Sonlıqtan zatlar tutası menen plazma halında turg'an ha'm reliktiv nurlar spektri nurlanıwdın' plazma menen ta'sir etisiwinin' saldarınan qaliplesken. Plazma menen nurlanıwdın' temperaturası 4000 K qa shekem to'menlegende reliktiv nurlar fotonları atomları ionlastıra almaydı. Elektronlar atomların' yadroları menen birigedi ha'm zatlar neytral zatlarg'a aylanadı. Usı da'wirden baslap (bul da'wirge $z = z_r \gg 1400-1500$ sa'ykes keledi) reliktiv nurlar fotonları erkin tarqaladı. Relativ nurların' fotonların' og'ada u'lken erkin ju'riw jolı (son'g'ı shashıraw aktınan keyin milliardlag'an jaqtılıq jılların' uzınlıg'ınday) bunday nurlardı A'lemnin' u'lken masshtablardag'ı kurılısın izertlewdegi effektivlik quralg'a aylandırđı³¹.

§ 5. Zatlardıń ximiyalıq quramı ha'm Metagalaktikanın' jası

Izertlewlerin' ha'r qıylı metodları (Quyashın' spektrallıq analizi, da'slepki kosmos nurların' quramın izertlew, meteoritlerin' ximiyalıq analizi ha'm ko'p basqalar) ximiyalıq elementlerin' qanshama tarqalg'anlıg'ın anıqlawg'a mu'mkinshilik beredi. En' ko'p tarqalg'an a'piwayı element vodorod bolıp tabıladi. Eger vodorodtın' (N) tarqalıw mug'darın 1 ge ten' etip qabil etsek, onda geliydin' (⁴Ne) salıstırmalı mug'darı shama menen 10⁻¹di, vodorodtın' izotopı bolğ'an deyteriytiki (²D) shama menen 10⁻⁵ ti quraydı. Basqa elementler bunnan da kem tarqalg'an. A'dette (ko'pshilik jag'daylarda) elementlerin' tarqalg'anlıg'ın atomların' sanı menen emes, al kosmoslıq zatların' ulıwmalıq massasındag'ı u'lesi boyınsha anıqlaydı. Bunday jag'daylarda massanın' shama menen 75 protsentin vodorod ha'm shama menen 25 protsentin geliy tutadı. Basqa elementlerin' u'lesi a'dewir to'men. Ha'zirgi ko'z-qaraslar boyınsha ¹²S dan ⁵⁶Fe ge shekemgi elementler juldızlar ishinde olardıń evolyutsiyasının' tınısh stadiyasında termoyadroliq reaksiyalar o'nimi sıpatında payda boladı. Al awırırmaq elementler bolsa asa jan'a juldızların' partlawının' na'tiyjesinde qaliplesedi. Usınday partlawdın' na'tiyjesinde awır elementler juldızlar aralıq gazlerin' kuramına o'tedi.

³¹ [66] nin' avtorları reliktivlik nurların' U'lken partlanıwdan keyin 379000 jıldan son' zatlardan bo'linip shıqqanlıg'ın da'lilleydi.

Geliy menen deyteriyde juldırlar ishinde ju'retug'in termoyadroliq reaksiyalardin' na'tiyjesinde payda boladı ha'm janadı. Biraq olardin' hakiyqiy (ko'p mug'dardag'i) tarqalıwı olardin' kosmologiyalıq (juldırlardin' payda bolıwına shekemgi) kelip shig'ıwın da'lilleydi. ⁴He nin' tarqalıwı dım ko'p, sonlıqtan onı juldırlardag'ı sintezdin' na'tiyjesi dep qarawg'a bolmaydı. Eger juldırlardin' shig'aratug'in energiyasının' deregin tek vodorodtın' geliyge aylanıwının' termoyadroliq reaksiyası dep esaplaytug'in bolsaq, onda shama menen 10^{10} jıl ishinde payda bolg'an geliydin' mug'darı ha'zirgi bar mug'dardan 15 ese kem bolg'an bolar edi. Sonın' menen birge juldırlar ishinde payda bolg'an geliy qorshag'an ortalıqqa jiberilmeydi ha'm geliy payda bolatug'in stadiyada juldırlar partlanbaydı (jarılmaydı). Geliydi (a'sirese juldırlardag'ı nukleo-sintezdin' saldarıman payda bolmag'an da'slepki geliydi) tuwrıdan-tuwrı baqlaw qıyın. Biraq sog'an qaramastan ha'r qıylı astrofizikalıq usıllar geliydin' salıstırmalı mug'darının' massa boyınsha 25 protsent ekenliginen derek beredi. Demek geliydin' u'lken bo'legi kosmologiyalıq jaqtan payda bolg'an. Al deyteriyge keletug'in bolsaq, ha'r qıylı yadroliq reaksiyalarda onın' payda bolg'anınan jang'anı an'satıraq. Sonlıqtan deyteriydin' baqlawlar ta'repinen anıqlang'an mug'darı onın' da'slepki (juldırlar payda bolmastan buring'i) shegi bolıp tabıladı. Geliy menen deyteriydin' pu'tkil A'lemdegi tarqalıwın, olardin' mug'darın da'slepki ıssı A'lemnin' yadroliq nukleosintezı teoriyası tabıslı tu'rde tu'sindiredi.

Jerde ha'm kosmoslıq zatlarda baqlanatug'in elementler ishinde o'zinen-o'zi ıdıraytug'in radioaktiv elementler de bar. Bunday radioaktivli elementlerdi Galaktikalardin', juldırlardin' qaliplesiwi menen juldızlıq nukleosintez na'tiyjesinde payda bola basladı dep esaplaw ta'biyiy. Usınday elementlerdin' payda bolıw menen olardin' ıdıraw tezliklerin salıstırıp, sol elementlerdin' ha'zirgi waqıtlardag'ı salıstırmalı mug'darların esapqa alıp Galaktikanın' jasın bahalaw mu'mkin (jıllardı esaplawdın' usınday usılın yadroliq kosmoxronologiya dep ataydı). Elementlerdin' radioaktivli raspadı haqqındag'ı mag'lıwmatlar boyınsha bul waqıttın' (jastın') shaması $(11-13) \cdot 10^9$ jıldan u'lken. Geliydin' da'slepki mug'darı 25 %, vodorodtın' da'slepki mug'darı 75 % dep esaplaytug'in juldırlar evolyutsiyası teoriyası da, shar ta'rizli galaktikalar jıyınqlarının' jasın esaplaw da usınday na'tiyjelerge alıp keledi. Bul jerde xarakterli Xabbl waqıtının' $t_H \sim (10-20) \cdot 10^9$ jıl ekenligin eske tu'sirip o'temiz.

Solay etip joqarıda keltirilgen barlıq mag'lıwmatlar: Metagalaktikanın' ken'eyiwi, Plank spektrine iye reliktivlik nurlanıwdın' bar ekenligi, ha'r qıylı astronomiyalıq sistemalardin' jasın anıqlaw bunnan 10-20 mlrd jıl burın (bu'gingi mag'lıwmatlar boyınsha $13,4 \pm 0,4$ jıl burın, 1-sanlı kestege qaran'ız) A'lemde ha'zirgi qurılısının' payda bolıwına alıp kelgen en' a'xmiyetli protsessler baslang'an. Bul protsessler menen A'lemnin' evolyutsiyasın tolıg'ıraq ta'riplew tartılıs ku'shlerinin' zatların' dinamikasına ta'sirin esapqa alatug'in fizikalıq kosmologiyanın' ma'selesı bolıp tabıladı.

§ 6. Materiyanın' ortasha tarqalıwı. Qozg'alıs nızamları ha'm fizikalıq qa'siyetleri

Klassikalıq mexanika tiykarında turatug'in kosmologiyalıq modeller. Ha'zirgi A'lem iye bolg'an bir tekililik ha'm izotroplıq qa'siyetler «en' da'slepki» sıpatında sheklengen sferalıq simmetriyag'a iye oblasttı qarawg'a ha'm usı oblasttı ta'riplew ushın klassikalıq mexanikanı ha'm Nyutonnnın' pu'tkil du'nyalıq tartılıs nızamın paydalanıwg'a mu'mkinshilik beredi.

Bir tekli, izotrop ha'm statsionar emes bir birine tartısıwshı denelerdi ta'ripleytug'in ten'lemelerdi keltirip shig'arıw ushın zatlar waqıttın' en' baslıng'ısh momentinde sferalıq formag'a iye ko'lemde bir tekli tarqalg'an dep boljaymız. Meyli radial bag'ıttag'ı tezlikler $v = N \cdot r$ an'latpasına bag'ınatug'in bolsın (bul an'latpadag'ı $H > 0$, ha'm sog'an sa'ykes zatlar ken'eyedi). N tın' shaması ken'isliktegi koordinatalarg'a g'a'rezli bola almaydı ha'm onın' shaması waqıtqa baylanıslı kishireyiwi kerek. Haqıyqatında da inertsiya boyınsha qozg'alıslarda (yag'nıy gravitatsiyanın' tormozlawshı ta'sirin esapqa almag'anda) bo'lekshelerdin' tezligi v traektoriya boyınsha turaqlı bolıp qaladı, r waqıtqa g'a'rezli o'sedi ha'm sog'an sa'ykes N waqıtqa (t g'a) keri proporsional kemeyedi. Gravitatsiyanın' ta'sirinde ken'eyiw tezligi kemeyedi, yag'nıy biz qarap atırg'an sferanın' ishindegi bo'lekshelerdin' bir birine tartısıwı

ken'eyiwge tormoz (qarsılıq degen ma'nide) jasaydı. Sonlıqtan N tın' t g'a g'a'rezliligi quramalıraq (bul g'a'rezlilik keyinirek alınadı).

Eger baslang'ış waqıt momentinde qanday da bir bo'lekshenin' iyelegen ornı r_0 din' ma'nisi menen ta'riplengen bolsa, onda bunnan keyin ol $r(t) = r_0 R(t)$ nızamı boyınsha o'zgeredi. Al $v = dr/dt = H(t) r$ bolg'anlıqtan $H(t) = (1/R) \cdot dR/dt$. $R(t)$ menen $H(t)$ g'arezililiklerin anıqlaw ushın biz qarap atırğ'an ko'lemdegi massa menen tolıq mexanikalıq energiyanın' saqlanıw nızamın basshılıqqa alıwımız kerek. Ko'lem ken'eygende zatların' tıg'ızlıg'ı ρ waqıtqa g'a'rezli kemeyedi. Al shardın' massası M bolsa o'zgerissiz qaladı:

$$M = r \cdot (4/3) \pi r^3 = \text{const.} \quad (5)$$

Bul ten'lemenı bilayınsha da jazıw mu'mkin:

$$rR^3 = \text{const} \quad (6)$$

Jerdin' salmaq maydanında joqarı qaray ılaqtırılğ'an bir birlik massag'a iye ko'lemnin' elementinde kinetikalıq energiya kishireyedi ha'm potentsiallıq energiya artadı. Olardın' qosındısı (tolıq energiya) turaqlı bolıp qaladı (potentsiallıq energiyanın' ma'nisinin' teris ekenligin umıtpaymız):

$$e = \frac{1}{2} \left(\frac{dr}{dt} \right)^2 - \frac{GM}{r} = \text{const} \quad (7)$$

(7)-ten'lemedegi konstantanı $k r_0^2 s^2/2$ tu'rinde jaza alamız (k turaqlı shama). Bul shama massası bir birlikke ten' bolg'an ko'lemnin' tolıq (mexanikalıq) energiyasın ta'ripleydi. (5) ti paydalanıp (7)-ten'lemenı bilayınsha ko'shirip jazamız:

$$\frac{3kc^2}{8\pi G R^2} = \rho - \frac{3H^2}{8\pi G} = \rho - \frac{3}{8\pi G} \left(\frac{1}{R} * \frac{dR}{dt} \right)^2. \quad (8)$$

$$(6)-, (8)-\text{ten'lemeler } t = t_0 \text{ bolg'anda } R = 1 \text{ sha'rti menen, } r_0 = r(t_0) \text{ ha'm } H_0 = \left(\frac{1}{R} * \frac{dR}{dt} \right)_{t_0}$$

belgili bolg'anda $R(t)$ g'a'rezliligin ha'm sog'an sa'ykes modeldin' barlıq dinamikalıq qa'siyetlerin tolıq anıqlaydı.

(6) ha'm (8) shardın' o'lshepleri kirmeydi. Bul ten'lemelerdin' kishi sharlar ushın da, u'lken sharlar ushın da durıs bolatug'ınlıg'ın an'latadı. Sonlıqtan bul ten'lemelerdi zatlar menen ten' o'lshewli toltrılğ'an sheksiz ken'islik ushın da durıs dep boljawg'a boladı.

(6)- ha'm (8)-ten'lemeler sistemasın integrallamastan-aq modeldin' sapalıq evolyutsiyasın qarap shıg'ıwg'a boladı. Ko'lemnin' qa'legen elementinin' qozg'alısınin' xarakteri onın' tolıq energiyasınan g'a'rezli. Eger $k < 0$ bolsa tolıq energiya on' ma'niske iye (kinetikalıq energiya potentsial energiyadan artıq) ha'm bo'lip aling'an element simmetriya orayınan barqulla qashıqlasa beredi.. Demek $k < 0$ bolg'anda zatlar sheksiz ken'eyedi. Eger $k > 0$ bolsa tolıq energiyanın' ma'nisi teris ha'm zatların' ken'eyiwı bazı bir waqıttan keyin tormozlanadı ha'm ken'eyiw qısılıw menen almasadı. $k = 0$ jag'dayı aralıqlıq bolıp tabıladı – ken'eyiw sheksiz dawam etedi, biraq ha'r bir bo'lekshenin' tezligi $t \rightarrow \infty$ de nolge asimptotalıq umıladı.

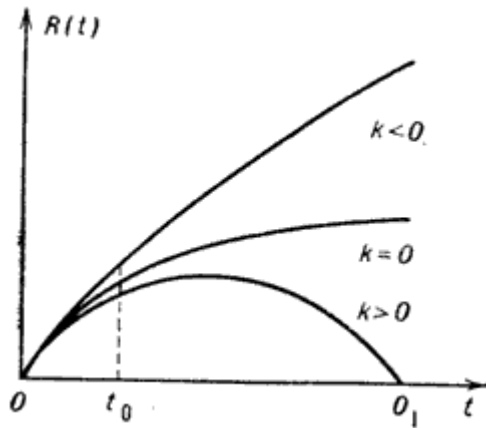
(8)-ten'lemege sa'ykes k nın' belgisi ha'm sog'an sa'ykes materiyanın' qozg'alıs xarakteri $r - r_s$ ayırmasınin' belgisine baylanıslı. Bul an'latpadag'ı $r_s = 3H^2/8\pi G$ tıg'ızlıqtın' kritikalıq ma'nisi dep ataladı. Eger $r > r_s$ bolsa ken'eyiw bazı bir waqıtlardan keyin toqtaydı ha'm qısılıw menen almasadı. Eger $r < r_s$ bolsa ken'eyiw sheksiz ko'p waqıt dwam etedi. r_s shaması da r shamasınday ken'eyiw barısında o'zgeredi, biraq $r - r_s$ ayırmasınin' belgisi turaqlı bolıp qaladı.

(6)-, (8)- ten'lemeler sistemasın integrallap R din' t dan g'a'rezliligin anıqlaw mu'mkin. A'piwayı jag'dayda ($k = 0$ bolg'anda) (6)- ha'm (8)-ten'lemelerden

$$R(t) = (6\pi G r_0)^{1/3} t^{2/3}, \quad r(t) = \frac{1}{6\pi G t^2}, \quad H(t) = \frac{2}{3t},$$

ekenligi kelip shıg'adı. Qala berse $t = 0$ de $R = 0$ dep aling'an. $R(t)$ din' k nın' ha'r qıylı ma'nislerindegi o'zgerisleri 2-su'wrette berilgen.

Joqarıda klassikalıq mexanikanın ha'm Nyuton gravitatsiyasının nızamları paydalanıldı. Bunday ten'lemeler arnawlı ha'm ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyalarının ten'lemelerindegi dara jag'daylar bolıp tabıladi³². Sonlıqtan og'ada u'lken emes ken'islikte ha'm evolyutsiyanın ju'da ko'p bolmag'an intervalında zatlardın ta'riplew relyativistlik ta'riplew menen sa'ykes keledi dep ku'tiwge boladı. Sonın menen birge bir teklikke baylanıslı kosmologiyalıq modeller sheksiz ken'isliktegi qa'legen orında paydalanıw mu'mkin. Demek klassikalıq fizikanı kosmologiya ta'repinen qarap shıg'ılatug'ın og'ada ko'p sanlı qubılıslarg'a qollanıw mu'mkin degen so'z. Biraq klassikalıq fizikanın nızamların kosmologiya is alıp baratug'ın u'lken qashıqlıqlar ushın paydalanıwg'a bolmaydı. Bunday maqsetler ushın tartısıwdın relyativistlik teoriyası za'ru'r.



2-su'wret. Bir tekli, izotrop A'lem modelindegi deneler arasındag'ı salıstırmalı qashıqlıq R din' (masshtablıq faktor dep ataymız) waqıtqa baylanıslı o'zgerisi: $k < 0$ ($r < r_s$) sheksiz (giperbolalıq) ken'eyiw; $k = 0$ ($r = r_s$) sheksiz (parabolalıq) ken'eyiw; $k > 0$ ($r > r_s$) shekli ken'eyiw jag'dayları. İymeklikte eki ayrıqsha O ha'm O₁ noqatları (singulyarlıq) bar. t_0 arqalı ha'zirgi waqıt an'latılğ'an.

§ 7. Tartılıstın relyativistlik teoriyası ha'm Fridmannın kosmologiyalıq sheshimleri

Relyativistlik emes fizika ken'islik penen waqıttı fizikalıq protsessler oynalatug'ın «saxna» sıpatında qaraydı. Bul fizika ken'islik penen waqıttı bir tu'sinikke baylanıstırmaydı. Arnawlı salıstırmalılıq teoriyası ken'islik penen waqıttı «ken'islik-waqıt» dep atalatug'ın birden bir to'rt o'lsheмли du'nyag'a aylandırdı. Kelesi qa'dem Eynshteynnin relyativistlik tartılıs teoriyasında – ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyasında (UST) qoyıldı. UST g'a sa'ykes materiyanın tarqalıwı menen qozg'alısı ken'islik-waqıttın geometriyalıq qa'siyetlerin o'zgerledi, al ekinshi ta'repten olardı o'zleri ken'islik-waqıttan g'a rezli boladı.

İymeklik ken'isliktin a'hmiyetli geometriyalıq xarakteristikası bolıp tabıladi³³. Usınday jag'dayda sfera turaqlı on' ma'nisli iymeklikke iye eki o'lsheмли ken'islik (bet) bolıp tabıladi.

U'sh o'lsheмли ha'm to'rt o'lsheмли mayısqa ken'islikler de olardı iymekliklerin ta'ripleytug'ın shamalardı jıynag'ı menen xarakterlenedi. Qala berse ha'r qıylı noqatlarda ha'm ha'r qıylı eki o'lsheмли bag'ıtlarda iymekliktin san ma'nisi de, belgisi de ha'r qıylı bola aladı. Eynshteynnin teoriyası boyınsha gravitatsiyalıq maydan ken'islik-waqıttın mayısıwı tu'rinde ju'zege keledi. Ken'islik-waqıttın iymekligi qanshama u'lken bolsa, gravitatsiyalıq maydan da sonshama ku'shli boladı.

Ulıwmalıq salıstırmalılıq teoriyasındag'ı gravitatsiya maydanının ten'lemesi to'mendegidey tu'rge iye:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik}. \quad (E-1)$$

Bul ten'lemede $G = 6,67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{cm}^3}{\text{g} \cdot \text{s}^2}$ gravitatsiya turaqlısı³⁴. R_{ik} arqalı simmetriyalı Rishshi tenzorı belgilengen ($R_{ik} = g^{lm} R_{limk} = R^l_{ilk}$), $R = g^{ik} R_{ik} = g^{il} g^{km} R_{iklm}$ ken'isliktin skalyar iymekligi

³² Biz bul jumısta «arnawlı salıstırmalılıq teoriyası» degen termindı paydalanamız. Al shın ma'nisinde bul teoriya «dara salıstırmalılıq teoriyası» dep ataladı.

³³ Rus tilindegi «krivizna» so'zin «iymeklik» so'zi menen alıstıramız. Bunday jag'dayda «krivizna prostranstva» so'zleri «ken'isliktin iymekligi» ma'nisin an'g'artadı. Sonlıqtan «iymeklik» so'zi geometriyalıq terminge aylanadı.

bolıp tabıladı. T_{ik} arqalı energiya-impuls tenzori belgilengen (makroskopiyaq deneler ushın energiya-impuls tenzori $T_{ik} = (p + \varepsilon)u_i u_k - pg_{ik}$).

Ken'isliktin' simmetriyalıq metrlik tenzori g_{ik} bir birinen g^a 'rezsiz bolg'an 10 qurawshıdan turadı (bul tenzordin' qurawshılar sanı 16, biraq $g_{ik} = g_{ki}$ bolg'anlıqtan bir birinen g^a 'rezsiz kurawshılar sanı 10 g^a shekem kemeyedi). Sonlıqtan (9)-ten'lemeler on ten'lemeden turatug'ın sistema bolıp tabıladı. Bul ten'lemelerdin' shep ta'repi ken'islik-waqıttın' geometriyalıq qa'siyetlerin ta'ripleydi, al on' ta'repi bolsa materiyanın' tarqalıwın ha'm qozg'alısın ta'ripleydi.

Ken'isliktin' geometriyalıq qa'siyetleri metrlik tenzordin' on qurawshısının' ha'm olardın' 2-ta'rtipke shekemgi tuwındılarının' ja'rdeminde anıqlanadı. Materiyanın' halın ta'riplewshi shamalar qatarına mınalar kiredi: massanın' tıg'ızlıg'ı (bir shama), onın' impulsı yamasa massanın' ag'ısı (3 shama) ha'm impuls ag'ısı yamasa kerimler (6 shama). Solay etip Nyutonnnın' tartılıs teoriyasınan (bul teoriyada tek jalg'ız massanın' tıg'ızlıg'ınan g^a 'rezli bolg'an gravitatsiya maydanının' potentsialı bar) ayırması sonnan ibarat, Eynshteynnin' teoriyasında maydan 10 dana potentsial menen ta'riplenedi ha'm bul maydan tek massanın' tıg'ızlıg'ınan emes, al massanın' ag'ısı ja'ne impuls ag'ısı menen de payda etiledi. Relyativistlik kosmologiya relyativistlik tartılıs teoriyası menen birlikte klassikalıq fizikanın' bir qansha tu'siniklerinen bas tartadı ha'm o'zinin' tu'siniklerin kirgizedi. Mısalı barlıq waqıtları qollanılıp kelgen inertsiyal esaplaw sisteması tu'sinigi o'zinin' ma'nisin jog'altadı (Nyuton kosmologiyasında usınday sistemag'a salıstırg'andag'ı gravitatsiya maydanı ha'm zatlardın' qozg'alısları u'yreniletug'ınlg'ın umıtpaymız). Onın' ornına ken'islik-waqıttın' iymekligi ha'm lokallıq-inertsiallıq esaplaw sisteması tu'sinigi kirgiziledi. Loqallıq-inertsiallıq esaplaw sistemasındağ'ı kishi oblastlarda iymeygen kenislik-waqıt penen arnawlı salıstırmalıq teoriyası durıs bolatug'ın tegis ken'islik-waqıt arasındag'ı ayırma az.

1917-jılı Eynshteyn o'zinin' tenlemeleri tiykarında birinshi kosmologiyalıq modeldi du'ziwge umtıldı. Ol bir teklik penen izotropılıq penen bir qatar kosmologiyalıq modeldin' qa'siyetlerinin' waqıttan g^a 'rezsizligi boljawın (statikalıq A'lem) bassılıqqa aldı. Modeldin' statikalıg'ın ta'miyinlew ushın Eynshteyn o'z ten'lemelerine 1917-jılı kosmologiyalıq ag'za dep atalatug'ın Λ ag'zanı qostı ha'm ten'leme to'mendegidey tu'rge endi:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik} + \Lambda g_{ik}. \quad (E-2)$$

Λ tartılıs ku'shine qarsı bag'ıtlang'an gipotezalıq iyterisiw ku'shin ta'ripledi. 1922-jılı bolsa A.A. Fridman Eynshteynnin' statikalıq du'nyasınan' bir tekli ha'm izotrop modeller ushın gravitatsiyalıq ten'lemelerdin' tek dara jag'dayı ekenligin ko'rsetti. Al ulıwmalıq jag'daylarda bolsa ten'lemenin' sheshimi waqıttan g^a 'rezli. Qala berse eger Λ ag'zanı kirgizbese sheshimler sha'rtli tu'rde waqıtqa g^a 'rezli bolıp shıg'adı. Bul sheshimler Metagalaktikadag'ı zatlardın' ortasha tarqalıwın ta'riplegenlikten usı Metagalaktikanın' statsionar emesligi haqqında juwmaq kelip shıg'adı. Tartılısqa karsı bag'ıtlang'an basımnın' gradientleri ha'm qa'legen basqa ku'shler bolmasa sistemanın' statikalıg'ı mu'mkin emes. Onın' minez-qulqı tartılıs ku'shleri ha'm baslang'ısh sha'rtler menen anıqlanadı. Baslang'ısh sha'rtler baslang'ısh ken'eyiw sheksiz ko'p waqıt dawam etetug'ınday yamasa ken'eyiw aqır-ayag'ında qısılıw menen almasatug'ınday etip beriledi. Bir teklik ha'm izotropiyalıqqa tiykarlang'an Eynshteyn ten'lemelerinin' statsionar emes sheshimleri Fridman sheshimleri yamasa Fridmannın' kosmologiyalıq modelleri dep ataladı.

Sa'ykes ten'lemeler keltirilip shıg'arılğ'anda galaktikalar menen galaktikalar aralıq zatlardın' tarqalıwı tıg'ızlıg'ı ρ , basımı r bolg'an ideallastırılğ'an tutas ortalıq penen almasdırıladı. ρ menen r arasındag'ı baylanıs hal ten'lemeleri ja'rdeminde ornatıladı. Bunday ten'lemeler, misalı, ρ menen r nın' o'zgerislerinin' ayırım ushastkalarında $p = a^* \rho c^2$, ($a = \text{const}$) tu'rine iye boladı. Shan' ta'rizli zatlar ushın $p = 0$ ($a = 0$), nurlanıw ushın $p = \frac{1}{3} \rho c^2$ ($a = \frac{1}{3}$).

³⁴ Geypara jag'daylarda G nın' ornına $\chi = \frac{8\pi G}{c^2} = 1,86 \cdot 10^{-27} \text{ sm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ shamasın da paydalanadı ha'm onı Eynshteyn turaqlısı dep ataydı.

Bolip o'tetug'in protsesslerdi tallawdın' qolaylılıg'ı ushın joldas koordinatalar sisteması dep atalug'ın koordinata sistemasınan paydalanadı³⁵. Bunday koordinatalar sistemasının' o'zi deformatsiyalanadı, al zatlar og'an salıstırg'anda qozg'aladı. Joldas koordinatalar sistemasında gravitatsiya maydanının' barlıq potentsialları (metrlik tenzordın' qurawshıları) tek bir belgisiz bolg'an $R(t)$ funktsiyası menen anıqlanadı ha'm bul funktsiya ulıwmalıq masshtablıq faktordın' ornın iyeleydi. Bul funktsiya noqatlar arasındag'ı qashıqlıqtın' waqıtqa baylanıslı o'zgerisin ko'rsetedi. Al sol noqatlar bolsa joldas koordinatalardın' turaqlı ma'nislerine iye boladı. Ortalıqtın' elementleri joldas koordinatalardın' ozgermeytug'ın ayırmasına iye boladı ha'm turaqlı interval dl menen ayrılğ'an, al olar arasındag'ı fizikalıq qashıqlıq $dL(t)$ bolsa $dL(t) = R(t)dl$ nızamı boyınsha o'zgeredi. U'sh o'lsheмли ken'isliktin' iymekligi de $R(t)$ funktsiyası arqalı anıqlanadı. Bazı bir $t = t^*$ waqıt momentindegi iymeklik k/R^2 shamasına ten'. Bul an'latpadag'ı $k = +1, 0, -1$ shamalarına on' belgige iye, nollik ha'm teris belgige iye iymeklik sa'ykes keledi. Solar ishindegı $k = +1$ de u'sh o'lsheмли ken'isliktin' ko'lemi shekli ha'm ha'r bir waqıt momentinde $V = 2p^2[R(t)]^3$ an'latpası ja'rdeminde esaplanadı.

Relyativistlik kosmologiyada t waqıt momentindegi v jiyiligi menen shıg'arılğ'an jaqtılıq t_0 waqıt momentinde v_0 jiyiligi menen qabıl etilgende qızılğ'a awısıw

$$z = \frac{v - v_0}{v_0} = \frac{R(t_0)}{R(t)} - 1 \quad (9)$$

formulası menen beriledi. Kosmologiyalıq modeldin' evolyutsiyasın ta'riplew ushın $R(t)$ funktsiyasın biliw kerek. Bul funktsiya Eynshteyn ten'lemeleri arqalı anıqlanadı. Eger $\Lambda = 0$ dep qabıl etsek Eynshteyn ten'lemelerin mına tu'rdegi eki ten'lemeler sistemasına alıp keliwge boladı:

$$rR^3 (1 - a) = \text{const}, \quad (10)$$

$$\frac{3kc^2}{4\pi GR^2} = \rho - \frac{3H^2}{8\pi G}. \quad (11)$$

Usı eki ten'lemeden gravitatsiyalıq maydannın' payda bolıwı ushın basımnın' qanday orın tutatug'inlıg'ın ($r = a \cdot r \cdot s^2$) ko'rsetetug'ın

$$\frac{d^2 R}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3} R \rho (1 + 3\alpha) \quad (12)$$

ten'lemesin alamız. Bul ten'lemelerdegi Xabbl turaqlısı bılay anıqlanadı:

$$H(t) = \frac{1}{R} * \frac{dR}{dt}. \quad (13)$$

Qızılğ'a awısıw nızamına usı shama kiredi.

$W = \rho/\rho_s$ parametrin paydalang'an qolaylı. a shaması belgili bolg'anda $R(t)$ funktsiyası W ha'm qanday da bir waqıt momentindegi H tın' shamaları ja'rdeminde tolıg'ı menen anıqlanadı. Ha'zirgi waqıtları A 'lem ken'eymekte. Bunnan keyingi evolyutsiyanın' xarakteri W shamasınan g'a'rezli. Eger $W < 1$ bolsa ken'eyiw sheksiz ko'p waqıt dawam etedi, al eger $W > 1$ bolsa ken'eyiw qısılıw menen almasadı. W shaması (11) ge sa'ykes k nın' belgisin de anıqlaydı (yag'nıy joldas koordinatalar sistemasının' iymekliginin' belgisin). Ha'zirgi da'wir ushın $N = 73$ km/(s*Mpk) shamasında $\rho_c \gg 5 \cdot 10^{-30}$ g/sm³. Galaktikalardın' sanın anıqlaw ha'm deyteriydin' A 'lemde qanshama mug'dardag'ı tarqalg'anlıg'ın bile otırıp $r < r_s$ ha'm $W \gg 0,03-0,06$ ekenligine iye bolamız. Bul ma'nis ashıq A 'lemge ($k = -1$) ha'm Metagalaktikanın' sheksiz ken'eyiwine sa'ykes keledi. Biraq A 'lemde tig'izlıqqa o'zinin' u'lesin qosatug'ın ele tabılmag'an (baqlanbag'an) materiyanın' tu'rlerinin' bolıwı mu'mkin. Usı baqlaw mag'lıwmatların' tiykarında W_0 nın' shaması 1 ge ju'da' jaqın dep esaplaydı. Onday bolsa $k \gg 0$.

$a = 0$ yag'nıy $r = 0$ bolsa (10)- ha'm (11)- relyativistlik formulalar o'zlerinin' formaları boyınsha relyativistlik emes (6)- ha'm (8)-formulalar menen sa'ykes keledi. Usı formulalarg'a

³⁵ «Soputstvuyushaya sistema koordinat» deger tu'sinikti qaraqalpaq tiline «Joldas koordinatalar sisteması» dep awdaramız.

kiriwshi shamalardı ha'm qatnaslardı interpretatsiyalaw olardın' tek ju'da' u'lken bolmag'an oblastlarda ha'm u'lken emes waqıt aralıqlarında g'ana relyativistlik emes shamalarg'a sa'ykes ketug'inlig'in umitpaw kerek. Biraq kosmologiya u'lken qashıqlıqlar ha'm waqıtlar menen is alıp baradı. Sonlıqtan Kosmologiyannın' relyativistlik bolıwı sha'rt.

z boyınsha kvadratlıq ag'zalırdı esapqa alıp (2)-nızamnın' ornına (9) dan to'mendegi juwıq formulanı aladı:

$$r_{\Phi} = \frac{1}{H} \left[cz + \frac{1}{2c} (1-q)(cz)^2 + \dots \right].$$

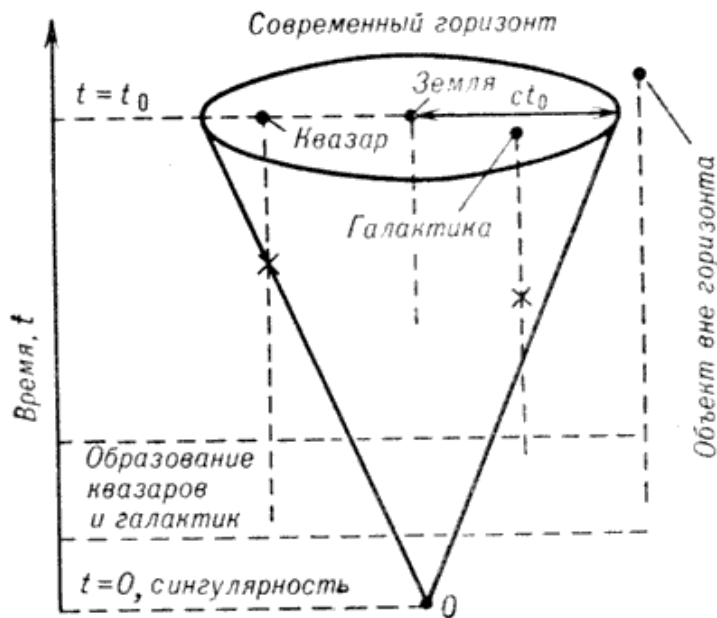
Bul jerdegi $q = \frac{1}{2} W (1 + 3a)$ shaması a'steleniw parametri dep ataladı ha'm qaralıp atırg'an modeldegi ken'eyiwshi A'lemnin' tormozlanıwın anıqlaydı.

Tilekke karsı ha'zirgi waqıtlardag'ı bar baqlaw mag'lıwmatları $r_F(z)$ g'a'rezliligin ha'm W shamasın za'ru'rli bolg'an da'rejede da'l anıqlaw ushın jetkilikli emes. Ha'zirgi waqıtları a shamasının' ma'nisi kishi ha'm onı esapqa almay ketiwge de boladı. Biraq bas anıqsızlıq r_F tin' ma'nisin o'lshewdegi kemshiliklerde bolıp tabıladı. Bul shama ob'ektlerdin' ko'rinip turg'an jaqtılıg'ı (vidimaya svetimost) boyınsha anıqlanadı. Biraq usı protseduranı orınlag'anda sol ob'ektlerdin' haqıyqıy jaqtılıg'ı belgili dep esaplanadı. Al alıstag'ı ob'ektler ushın (olardı rawajlanıwının' da'slepki fazalarında baqlaymız) evolyutsiyanın' belgisiz bolg'an faktori – jaqtılıqtın' waqıtqa g'a'rezliligi a'hmiyetli orındı iyeleydi. Solay etip baqlawlardan W parametrin anıqlaw evolyutsiyanın' belgisiz bolg'an faktorınan g'a'rezli.

Relyativistlik kosmologiyada modeldin' evolyutsiyası tek tıg'ızlıq ρ menen g'ana emes, al basım r menen de anıqlanadı. Sebebi UST sina baylanıslı basım «salmaqqa iye bolıp» gravitatsiya maydanın payda etedi. [(12)-ten'lemege qaran'ız]. Da'slepki waqıtları reliktiv nurlanıwdın' tolıq tıg'ızlıqqa u'lesi basım bolg'an jag'daylarda basım nurlanıw menen anıqlandı: $p = \frac{1}{3} \rho c^2$. A'llette, on' ma'niske iye basım Metagalaktikanın' baqlanıp atırg'an ken'eyiwın payda ete alg'an joq. Sebebi ol o'zinin' gravitatsiyalıq ta'siri boyınsha ken'eyiwdi tezletpeyda, al onı a'steletedi. Sapalıq jaqtan $r > 0$ degi $R(t)$ g'a'rezliligi $r = 0$ bolg'an jag'daydag'ıday xarakterge iye (2-su'wretti qaran'ız). Usıg'an baylanıslı en' da'slepki waqıtları basımın' ma'nisi $r < 0$ bolg'an dep boljaytug'ın teoriya bar (bul teoriyanı inflyatsiyalıq kosmologiya dep ataymız ha'm bul haqqında keyinirek tolıg'ıraq ga'p etiledi).

Bir tekli izotrop modellerdin' en' a'hmiyetli qa'siyeti olardın' evolyutsiyanın' waqıt boyınsha shekliligi ha'm $R(t)$ nolge aylanatug'ın, tıg'ızlıq sheksizlikke ten' bolatug'ın ayırıqsha (singulyarlıq) haldın' bar bolıwında. Bir waqıtları singulyarlıqtın' bolıwı A'lemde bir tekli ha'm izotrop dep a'piwayılastırıwdın' aqıbeti dep esapladı. Biraq Eynshteynnin' ten'lemelerin izertlewler (a'sirese keyingi izertlewler) materiyanın' qa'siyetleri haqqındag'ı bazı bir qosımsha boljawlar orınlang'andag'ı ten'lemelerdin' ulıwmalıq qa'siyetleri ekenligin ko'rsetti. A'llette singulyarlıq qasında klassikalıq ten'lemelerdin' sheshimlerin qollanıwg'a bolmaydı³⁶. Bunday jag'daylarda gravitatsiyalıq maydannın' kvantlıq qa'siyetlerinin' ko'riniwi kerek.

³⁶ Eynshteyn ten'lemeleri de klassikalıq ten'lemeler (kvantlıq emes) qatarına kiredi.



3-su'wret. A'lemdegi gorizontqa shekemgi qashıqlıqtın' waqıt boymsha o'zgerisi.

Evolutsiyanın' waqıt boymsha sheklengenligi A'lemnin' jası tu'sinigin payda etedi. A'piwayı modelde ($k = 0$, $r = 0$ bolg'an) (10)- ha'm (11)-ten'lemelerden (13) ti esapqa alg'anda $t_0 = \frac{2}{3} H_0^{-1}$ ekenligi kelip shıg'adı. Demek singulyarlıqtan ha'zirgi da'wirge shekem $t_0 \gg 13 \cdot 10^9$ jıl waqıt o'tken.

Singulyarlıq momentinen beri shekli waqıtın' o'tiwi kosmologiyalıq gorizont dep atalatug'ın (yamasa tek gorizont dep atalatug'ın) A'lemdegi qashıqlıqtın' payda bolıwına alıp keledi. Haqıyqatında da en' sheklik tezlik penen (jaqtılıq tezligi menen) qozg'alıwshı qa'legen signal baqlawshıg'a t_0 waqıt momentine shekem kelemen degenshe belgili bir aralıqtı o'tedi. Maksimallıq qashıqlıq (yag'nıy gorizontqa shekemgi qashıqlıq) singal $t = 0$ waqıt momentinde jiberilgenliginen anıqlanadı (3-su'wret). Bunday jag'dayda $t = 0$ da jiberilgen singaldın' awısıwı (bul waqıt momentin t_0 momenti dep qabıl etemiz) (9)-formulag'a sa'ykes sheksizlikke aylanadı ($v_0 \rightarrow 0$, $z \rightarrow \infty$). t_0 nın' o'siwi menen shaması boymsha ct_0 g'a sa'ykes keletug'ın t_0 waqıt momentinde baqlanıwı mu'mkin bolg'an ken'isliktin' xarakterli oblastın qaraydı. Waqıtın' o'tiwi menen bul oblast u'lkeydi. Solay etip kosmologiyalıq gorizont A'lemnin' u'lken masshtablarındag'ı qurılısı haqqında ga'p etilgende qanday masshtabın' na'zerde tutılatug'ınlıg'ın anıqlaydı. Ha'zirgi waqıtları $ct_0 \gg c/H_0 \gg 86000 \text{ Mpk} \gg 2,8 \cdot 10^{28} \text{ sm}$ [$H_0 = 73 \text{ km}/(\text{s} \cdot \text{Mpk})$ bolg'anda].

§ 8. Issı A'lemdegi fizikalıq protsessler

Fridmannın' kosmologiyalıq modelleri A'lemnin' evolyutsiyanın' ha'r qıylı stadiyalarındag'ı o'tetug'ın fizikalıq protsesslerdi esaplawdın' tiykarı bolıp tabıladı. Reliktiv nurlardıń ha'zirgi waqıtlardag'ı ortasha tıg'ızlıg'ı 1 sm^3 . Olardıń ha'r qaysısının' energiyası shama menen 10^{-15} erg ke ten'. A'dettegi zatlardın' ortasha tıg'ızlıg'ı ha'r qaysısının' massası shama menen 10^{-24} g bolg'an barionlar menen anıqlanadı ha'm $\rho \gg 3 \cdot 10^{-31} \text{ g}/\text{sm}^3$. Protonlardın' bir qansha bo'legi vodorod atomının' yadrosı bolıp tabıladı. Qalg'an protonlar ${}^4\text{He}$ ha'm basqa elementlerdin' yadrolarında neytronlar menen baylanısqa. A'lemde (ta'biyatta) erkin neytronlar joq. Solay etip ha'r bir bariong'a $\sim 10^9$ foton sa'ykes keledi. Ko'lem birligindegi fotonlar sanı n_g nin' barionlar sanı n_b g'a qatnası a'hmiyetli o'lishem birliги joq shama bolıp tabıladı: $s = n_g/n_b \gg 10^9$. Usı s shamasının' u'lken ma'nisi A'lemde ıssı dep esaplawg'a tiykar beredi. Ha'zirgi waqıtları A'lemdegi nurlanıw energiyasının' tıg'ızlıg'ı az, al relikтив nurlanıwdın' temperaturası to'men ($2,736 \pm 0,003 \text{ K}$). Biraq burınları ($T > 10^4 \text{ K}$ bolg'an ken'eyiwde) en' ertedegi stadiyalarında) nurlanıw energiyasının' tıg'ızlıg'ı basım edi. Bunday jag'daylarda $T(t)$ nın'

waqıttan g'a'rezliligi [$a = 1/3$ de (10)- ha'm (11)- ten'lemenin' na'tiyjesindey, (4)-formulanı da qaran'ız]

$$T = \frac{10^{10}}{\sqrt{t}}$$

formulası menen anıqlanadı (T - Kelvinlerde, t - sekundlarda).

Issı A'lemde kishi t larda ju'da' joqarı temperaturalar da'wiri bolıp, jıllılıq fotonların' energiyaları belgili bolg'an barlıq bo'leksheler menen antibo'lekshelerdin' jupların payda etiwge (tuwıwg'a) jetken. Tınıshlıq massasına iye qanday da bir sortqa kiriwshi bo'leksheler tuwıladı ha'm jog'aladı (eger fotonlar energiyasının' shaması bo'lekshelerdin' berilgen sortının' tınıshlıqtag'ı massasınan u'ken bolsa). Temperaturanın' ha'r bir ma'nisi ushın bo'lekshelerdin' ha'r qıylı sortları arasında ten' salmaqlıq qatnas boladı. Eger usınday ten' salmaqlıq ele ju'zege kelgen bolmasa belgili bir waqıtlardan keyin ju'zege keledi. Temperatura menen tıg'ızlıqtın' shamaları qansha joqarı bolsa ten' salmaqlıq haldın' ju'zege keliwi ushın za'ru'r bolg'an waqıttın' shaması sonshama kem boladı. A'lem ken'eygen sayın temperatura to'menleydi ha'm sog'an sa'ykes bo'lekshelerdin' jupların' tuwılıwı menen annigilyatsiyası reaksiyaların' o'tiw sharayatlardı o'zgeredi. Eger belgili bir tiptegi reaksiyalar o'tken temperaturalar intervalında A'lem waqıttın' kishi bir intervalnı o'tken bolsa, onda ten' salmaqlıq halda turg'an temperaturalar intervalı ken'eyiwidin' xarakterli waqıtınan kishi boladı. Bunday bolmag'anda tınıshlıq massasına iye bo'lekshelerdin' berilgen sortı ten' salmaqlıq haldan shıqqan bolar edi. Bunnan keyin juplardın' bir qanshası annigilyatsiyag'a ushıraydı, al sol bo'lekshelerdin' qalg'an o'zinshe ıdırawg'a qa'biletli stabil emes bo'leksheler bolsa yadro fizikasınan belgili bolg'an eksponentsial nızam boyınsha ıdıraydı. Berilgen temperaturada nurlanıw menen ten' salmaqlıq halda turg'an bo'lekshelerdin' sortları ha'm temperaturaları boyınsha A'lemnin' evolyutsiyasındag'ı belgili bir da'wirlerdi (eralardı) bo'ledi (4-su'wret): adronlıq, leptonlıq, nurlanıw erası, zatlar erası ha'm basqalar.

$T \sim 10^{13}$ K temperaturada nuklonlar ha'm antinuklonlardın'³⁷, mezonlardın', elektronlar ha'm pozitronlardın' neytrinolar menen antineytrinoların', basqa da turaqlı ha'm turaqsız bo'lekshelerdin' «tuwılıw» ha'm «jog'alıw» reaksiyaları ju'redi. (zatlardın' joqarıraq temperaturalardag'ı qa'siyetleri haqqında keyinirek ga'p etiledi).

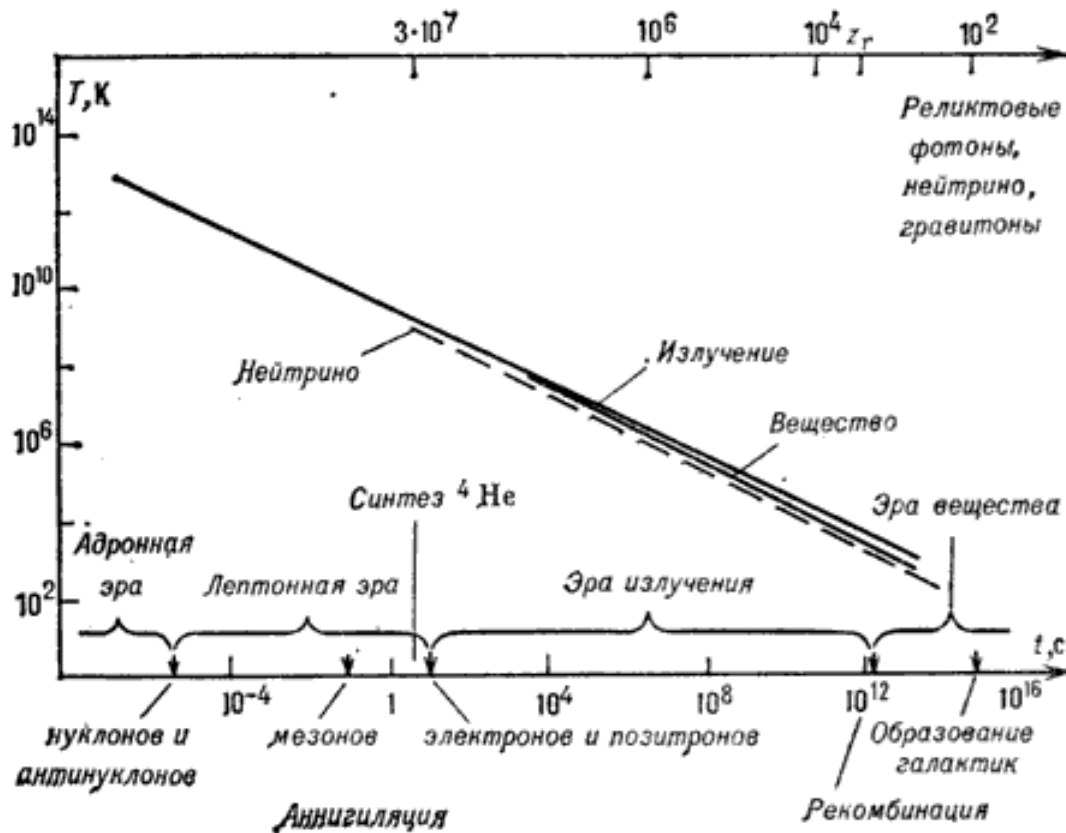
Sonday joqarı temperaturalarda s parametri basqasha anıqlanadı: $s \gg n_g/n_b$ formulasındag'ı n_b di barionlar menen antibarionlardın' sanının' ayırması menen almasıw kerek. Biraq usı ha'm bunnan keyingi da'wirlerdegi evolyutsiyanın' barısındag'ı protsesslerde barionlar menen antibarionlardın' sanların' ayırması saqlanadı³⁸. Sonlıqtan sol waqıtları $s \sim 10^9$ edi. Temperatura $5 \cdot 10^{12}$ K ge shekem to'menlegende fotonlar ta'repinen nuklon-antinuklonlıq juplar arasındag'ı ten' salmaqlıq buzıladı. Nuklonlar menen antinuklonlar tiykarınan annigilyatsiyag'a ushıraydı ha'm antibo'leksheler jetpey qalg'an artıq nuklonlar saqlanıw qaladı. Artıq nuklonlar sanı ten' salmaqlıq da'wirdegi nuklonlar sanının' shama menen 10^{-9} bo'legin g'ana quraydı. Al usı jag'dayg'a qaramastan sol artıq nuklonlar ha'zirgi A'lemdegi zatlardın' tiykarın quraydı. Eger sol azmaz artıq nuklonlar bolmag'anda du'nya ha'zirgi waqıtları «boslıqtan» turg'an bolar edi.

$T \gg 2 \cdot 10^{10}$ K temperaturada elektronlıq neytrinolar bo'leksheler menen effektiv tu'rde ta'sir etisiwden qaladı. Neytrinolar stabil bo'leksheler bolg'anlıqtan ha'm olar zatlar menen ju'da' a'zzi ta'sirleskenlikten. Olar ushın du'nya praktikalıq jaqtan mo'ldir bolıp tabıladı ha'm olardı energiyaların' tıg'ızlıg'ı tek A'lemnin' ken'eyiwiniñ saldarınan kemeyedi. Ha'zirgi waqıtları kosmologiyalıq neytrinolıq gazdin' (reliktivlik neytrininin') temperaturası shama menen 2 K g'a, al onın' tıg'ızlıg'ı $450 \text{ neytrino} \cdot \text{sm}^{-3}$ bolıwı kerek (1 sm^3 ko'lemdegi ortasha 450 din' ishinde neytrininin' barlıq tipleri esapqa alıng'an)³⁹. Kosmologiyalıq neytrinonı baqlawdın' (registratsiyalawdın') usılları elege shekem islenip shıg'ılmag'an.

³⁷ Protonlar menen neytronlardın'.

³⁸ Bul qubılıstı barionlıq zaryadtın' saqlanıw nızamı dep ataymız.

³⁹ Elektronlıq, myuonlıq ha'm tau-neytrinolar na'zerde tutilmaqta.



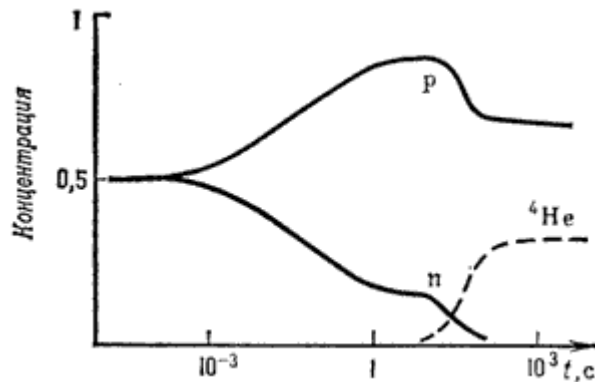
4-su'wret. A'lemnin' issi modelindeki zatların ha'm nurlanıwdın' evolyutsiyası. To'mengi gorizont bag'ıtındag'ı ko'sher boyınsha singulyarlıq momentinen bergi waqıt, joqarg'ıg'a qızılğ'a awısıwdın' sa'ykes ma'nisi, al vertikal ko'sherge temperatura qoyılğ'an.

Son'g'ı eksperimentlerdin' na'tiyjeleri boyınsha neytrinin' tınıshlıqtag'ı massasının' bolıwı mu'mkin⁴⁰. Eger bul mag'lıwmatlar basqa eksperimentlerde de tastıyıqlansa, onda neytrinoları rekombinatsiya da'wirinen a'dewir burın relyativistlik emes bo'lekshelerge aylang'an, al olardıń massalarının' ha'zirgi tig'ızlıg'ı tikkeley baqlanatug'ın zatların' massasının' tig'ızlıg'ınan onlag'an ese ko'p, ha'tte tig'ızlıqtın' kritikalıq ma'nisi ρ_s g'a jetedi dep juwmaq shıg'aramız. Solay etip neytrinolarдын' A'lemdegi zatların' ortasha tig'ızlıg'ına u'lesi a'dewir u'lken shamanı quray aladı.

En' ertedegi A'lemdegi protonlar menen neytronlardın' sanları arasındag'ı qatnas olardıń massaları arasındag'ı ayırma $Dm = m_n - m_p > 0$ ($Dm c^2 = 1,3 \text{ MeV}$) ha'm temperatura menen anıqlanadı. Mina $e^+ + n \rightarrow p + \bar{\nu}$ ha'm $\bar{\nu} + n \rightarrow p + e^-$ reaksiyalarının' saldarınan u'lken tezlik penen neytronlardın' protonlarg'a ha'm keri aylanıwının' saldarınan protonlar menen neytronlardın' sanları shama menen birdey bolğ'an. Bunnan keyin neytronlar ha'm temperaturag'a g'a'rezli protonlar arasındag'ı ten' salmaqlıqtı anıqlawshı (sog'an sa'ykes ken'eyiwdin' basıan baslap o'tken waqıttı) formula $n_n/n_p \sim \exp(-Dm c^2/kT)$ g'a sa'ykes neytronlardın' sanı kemeyedi. $T \gg 5 \cdot 10^9 \text{ K}$ momentinde n_n/n_p qatnası $\gg 0,2$ shamasında turaqlasadı. T nın' shaması $(1-2) \cdot 10^9 \text{ K}$ ge shekem to'menlegende bir neshe sekund dawam etetug'ın ($t \gg 1-3 \text{ s}$) aktiv yadrolıq sintez da'wiri baslanadı. Aman qalg'an neytronlar ha'm sanı neytronlardın' sanına ten' bolğ'an protonlar birigedi ha'm ${}^4\text{He}$ yadroların payda etedi (5-su'wret). Esaplawlar boyınsha ${}^4\text{He}$ yadrolarına nuklonlardın' ulıwma massasının' shama menen 25 protsenti tuwrı keledi. Qalg'an 75 % alg'an protonlartiki boladı (vodorod yadroları). Basqa elementler ju'da' az mug'darda payda boladı. Mısalı da'slepki deyteriydin' u'lesi zatların' ulıwma massasının' 0,01% g'ana kuraydı. Deyteriydin' mug'darina zatların' (barionlardın')

⁴⁰ <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=1167482&s=> adresindeki «Neytronlıq ostsillyatsiyalar» dep atalatug'ın maqalada «Po dannım Sadberi, summa mass trex sortov neytrino zaklyushena v intervale 0.05-8.4eV, i sledovatelno, kosmologicheskie neytrino mogut zaklyushat v sebe 0.1-18% massı Vselennoy» mag'lıwmatı berilgen (maqala 2001-jılı 6-iyul ku'ni jariq ko'rgen).

ortasha tıg'ızlıg'ı ku'shli ta'sir etedi. Zatlardıń tıg'ızlıg'ı qanshama joqarı bolsa, sonshama ko'p mug'dardag'ı deyteriy janadı ha'm ${}^4\text{He}$ ge aylanadı. Deyteriydin' ta'jiriybelerde baqlanıp ju'rgen ko'pligi ha'zirgi waqıtları zatlardıń ortasha tıg'ızlıg'ının' kishi ekenliginen derek beredi ($\rho \gg 3 \cdot 10^{-31} \text{ r/sm}^3$).



5-su'wret. Protonlar sanı r menen neytronlar sanı n arasındag'ı qatnastın' o'zgeriwi ha'm ${}^4\text{He}$ nin' payda bolıwı A'lemnin' ken'eyiwi baslang'annan keyin $t \gg 100-200$ sekundtan keyin juwmaqlanadı.

Termoyadroliq reaksiyalar stadiyasınan keyin de shama menen 300 000 mın' jıl dawamında temperatura jokarı bolıp qaladı ha'm sonın' saldarınan zatlar rekombinatsiya da'wirine shekem plazma halında qaladı. Usı waqıtları protonlar elektronlar menen birigedi ha'm neytral vodorodqa aylanadı. Biraz erterek neytral geliy payda boladı. Usı da'slepki vodorod penen geliyden keyinirek da'slepki juldızlar ha'm galaktikalar payda boldı dep boljaydı.

§ 9. Ju'da' ertedegi A'lem

En' da'slepki nukleosintez da'wiri A'lemnin' evolyutsiyasındag'ı tuwrıdan-tuwrı baqlaw mag'lıwmatları bar en' ertedegi da'wir bolıp tabıladı (4-su'wret). Da'slepki geliydin' (sonın' menen birge deyteriydin') baqlanıp ju'rgen molshılıg'ı $T \sim 10^9 \text{ K}$, $\rho \sim 10^2 \text{ g/sm}^3$ ha'm $t \gg 100 \text{ s}$ bolg'an da'wirdegi fizikalıq sharayatlar haqqında mag'lıwmatlar beredi. Bunnan da joqarı temperaturalar menen tıg'ızlıqlar «ju'da' ertedegi A'lem» da'wiri dep atalatug'ın da'wirge tiyisli.

$T \sim 10^{10} \text{ K}$ temperaturasındag'ı ju'da' ertedegi A'lem haqqında relikativ elektronlıq neytrino boyınsha biliwge bolar edi. Olar sol da'wirde basqa bo'leksheler menen ta'sirleskendi toqtatadı. Biraq olardı registratsiyalaw problemi ele sheshilmegen.

Ha'zirgi waqıtlardag'ı elementar bo'leksheler teoriyası $T \sim 10^{13}-10^{14} \text{ K}$ (adronlıq era) temperaturada zatlar ko'p sanlı erkin kvarklerdi o'z ishine aldı dep boljaydı⁴¹. Bul era ku'shli ta'sirlesiw teoriyası tiykarında ta'riplenitug'ın bolg'anlıqtan bul era haqqında u'lken isenim menen aytıwg'a boladı.

Bunnan da ertedegi da'wirdegi zatlardıń qa'siyetlerin tu'siniw ushın ($T \sim 10^{14}-10^{16} \text{ K}$) elektroa'zzi ta'sirlesiw teoriyasın qollanadı. Bul ta'sirlesiw teoriyası elektromagnitlik ha'm a'zzi ta'sirlesiwlerdi bir pozitsiyadan ha'r qıylı aralıqlıq bozonlardın' qatnasıwındag'ı ta'sirlesiw dep qaraydı. Bul da'wirdi aralıqlıq bozonlar da'wiri dep atawg'a boladı. Sebebi $T \sim 10^{15} \text{ K}$ temperaturada birden bir elektroa'zzi ta'sirlesiwdi ju'zege keltiretug'ın ko'p sandag'ı aralıqlıq bozonlardın' payda bolıwı ushın fizikalıq sharayatlar payda boladı. Bul ta'sirlesiwdin' teoriyası baska aspektlerde eksperimentlerde tastıyıqlang'an.

İtimal, elede joqarı temperaturalarda A'lemnin' zaryadlıq jaqtan simmetriyalı emes ekenligin izlew kerek (barionlardın' sanı antibarionlardın' sanına qarag'anda artıq) A'lemdegi barionlıq asimmetriyanın' payda bolıwın tu'sindiriwge urınıwlar elektromagnitlik, a'zzi ha'm ku'shli ta'sirlesiwlerdi birlestiretug'ın ha'm barionlıq zaryadtın' saqlanbaytug'ınlig'ın o'z ishine alatug'ın teoriyanı du'ziwge baylanıslı. Bul birlesken teoriyag'a sa'ykes joqarıda atap o'tilgen u'sh ta'sirlesiwdin' barlıg'ı da bo'lekshelerdin' energiyaları shama menen 10^{16} GeV (bul $T \sim 10^{29} \text{ K}$ temperaturag'a sa'ykes keledi) bolg'anda birdey ma'niske iye boladı. Eger birden bir ta'sirlesiw $T \sim 10^{29} \text{ K}$ temperaturada haqıyqattan da orın alatug'ın bolsa, onda og'ada massalı ($\sim 10^{-9} \text{ g}$) ha'm ju'da' qısqa jasaytug'ın X-bo'lekshelerinin' bolıwı kerek. Bul bo'leksheler birden bir

⁴¹ Bir biri menen ku'shli ta'sir etisetug'ın adronlar kvarklerden turadı.

ta'sirlesiwdi ta'miyinleydi. X-bo'leksheleri qatnasqan jag'daylarda kvarklerdin' leptonlarga ha'm leptonlardın' kvarklerge aylanıwında barionlıq zaryadtın' saqlanbaytug'ınlig'ı ju'zege keliwi kerek⁴².

Solay etip joqarıdag'ı paragraflarda biz Eynshteynnin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası menen onın' Fridman ta'repinen tabılǵ'an statsionar emes sheshimleri tiykarında turatug'ın standart kosmologiyalıq model dep atalatug'ın modeldin' tiykarǵ'ı mazmunı ha'm o'zgeshelikleri menen tanıstıq. Biraq tilekke karsı bul model A'lemnin' qurılısı menen qa'siyetlerine baylanıslı bir qansha a'hmiyetli ma'selelerdi tolıq sheshe almaydı. Olar mınalar: bir teklik penen izotropılıqtın' payda bolıwı, gorizont problemi, A'lemnin' en' da'slepki ıssı da'wirinde payda bolıwı mu'mkin bolǵ'an ayırım ekzotikalıq bo'lekshelerdin' (magnit monopollerinin') joqlıǵ'ı ha'm basqalar. Usı mashqalalardı sheshiw ushın 1980-jıllardan baslap inflyatsiyalıq kosmologiya payda boldı ha'm ol ha'zirgi waqıtları pu'tkil kosmologıyanın' tiykarǵ'ı buwına aylandı.

STANDART KOSMOLOGİYaNIN' QIYINShILIQLARI HA'M İNFLYaTSİYaLIQ KOSMOLOGİYaNIN' TIYKARLARI

§ 9. Standart (klassikalıq) kosmologıyanın' qıyınshılıqları

Ko'p astronomiyalıq baqlawlarda durılısıǵ'ı da'lillengen Fridman kosmologiyası teoriyası (Eynshteyn ten'lemelerinin' statsionar emes sheshimi), ıssı A'lem modeli (da'slepki nukleosintez, reliktiv nurlanıwdın' tu'sindiriliwi) tez arada ko'p sanlı qıyınshılıqlarǵ'a duwshakerlesti. Solardın' biri mınaday: A'lemnin' masshtablıq faktori $R(t)$ waqıtqa baylanıslı ju'da' a'stelik penen o'sedi (tegis modelde $t^{1/2}$ ge yamasa $t^{2/3}$ ke proporsional). Sonlıqtan burınları (ertede) kishi t waqıtına ju'da' u'lken masshtablıq faktor R dın' sa'ykes keliwi kerek. Klassikalıq kosmologıyanın' paradoksları inflyatsiyalıq A'lem modelinde sheshiledi. Bul modelde evolbyutsıyanın' en' ertedegi stadiyalarında masshtablıq faktor eksponentsial nızam boyınsha o'sken dep boljaw qabıl etiledi:

$$R(t) = R_0 \cdot e^{Ht} \quad (14)$$

Masshtablıq faktordın' usınday bolıp o'siwi nızamı ushın Xabb turaqlısı waqıtqa g'a'rezli o'zgermeydi, yag'nıy $H = \frac{\dot{R}}{R} = \text{const}$.

Endi gorizont mashqalasın (sebeplilik mashqalasın) tolıǵ'ıraq qarayıq.

Relativ nurlanıw ushın rekombinatsiya momentindegi gorizonttın' fizikalıq o'lshegi shama menen $R(t_r)_{lh} \approx c \cdot t_r$. Sonlıqtan mu'yeshlik o'lshegi $\theta \sim (1+z_r)(t_r/t_0) \approx 2^\circ$ bolǵ'an ushastkaları bir biri menen sebeplilik penen baylanıspag'an bolıwı kerek. Eger haqıyqatında da usınday aw-hal bolıp o'tken bolsa zatlar menen reliktiv nurlanıwdın' sonshama izotropılıq tarqalıwı orın alg'an? Fridman modellerinde gorizont ken'eyiw baslang'annan beri o'tken waqıtqa proporsional o'sedi. Sonlıqtan bolajaqta qa'legen oblast «gorizontqa kiredi».

Gorizont mashqalasın A'lemnin' entropiyası terminlerinde qaytadan du'ziw mu'mkin. Ha'zirgi waqıtlardag'ı entropiya relyativistlik bo'lekshelerde toplanǵ'an (fotonlarda, neytrino-larda). O'lshegi birligi joq entropiya (yag'nıy Boltsman turaqlısı k nın' birligindegi) relyativistlik bo'leksheler ushın ko'lem birliginde (bozon ba yamasa fermion ba, olarg'a g'a'rezsiz) $s \approx 4(n_\gamma + n_\nu + n_{\bar{\nu}} + \dots)$ ke ten'. Ha'zirgi waqıtlardag'ı relyativistlik bo'lekshelerdin' tıǵ'ızlıǵ'ı (fotonlartiki 500 dana/sm^3 , al neytrinolartiki 400 dana/sm^3) $500 \text{ dana/sm}^3 + 400 \text{ dana/sm}^3 = 900 \text{ dana/sm}^3$, demek bu'gingi gorizonttın' ishindegi A'lemnin' entropiyası

$$S_U \sim (c/H_0)^3 s \sim 10^{90} \quad (15)$$

Endi A'lemnin' en' ertedegi da'wirdegi entropiyasın esaplaymız. Salıstırmalı entropiya $s \sim n \sim T^3$ bolǵ'anlıqtan radiatsiya basım bolǵ'an da'wirdegi gorizont ishindegi entropiya

⁴² Bul ayılǵ'an ga'plerdin' barlıǵ'ı da gipotezalıq bolıp tabıladi. Ha'zirgi waqıtları payda bolǵ'an birden bir teoriyalardın' sanı ko'p bolǵ'anı menen, olardıń hesh qaysısı da ko'plegen fundamentallıq ma'selelerdi sheshe almaydı. Sonlıqtan olardıń hesh qaysısı da Eynshteynnin' salıstırmalıq teoriyasında bolıp moyınlang'an joq.

$$S_{\text{HQR}} \sim (c/H)^3 T^3 \quad (16)$$

shamasına ten'.

Energiyasının tıg'ızlıg'ı $\rho_r = \alpha_r T^4$ shamasındag'ı relyativistlik plazma basım bolg'an da'wirde Xabbl turaqlısı to'mendegi katnaslardan anıqlanadı;
 $H^2/G \sim H m_{\text{Pl}}^2 \sim T^4 \rightarrow H \sim T^2/m_{\text{Pl}}$

Bul jerde $m_{\text{Pl}} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 10^{-5} \text{ g} \approx 10^{19} \text{ GeV}$ Plank massası dep ataladı. Solay etip gorizont ishinde Plank da'wirinde

$$S_{\text{HQR}} \sim (m_{\text{Pl}}/T)^3 \sim 1.$$

Demek usınshama «ıssı» A'lem en' ertedegi da'wirlerde 10^{90} dana bir biri menen sebeplilik penen baylanıspag'an oblastlardan turıwı kerek. Olay bolsa baqlanıp atırğ'an bir teklik penen izotropılıq qaydan kelip shıqqan?

Eger masshtablıq faktor eksponentsial tu'rde o'sken da'wir orın alg'an bolsa, onda da'slep sebeplilik penen baylanısqan oblastlar gorizonttıń u'lkenliginen ($\sim sN^{-1}$) de ko'birek qashıqlıqlarg'a tarqalıp ketken bolar edi. Demek masshtablıq faktordın' a'stelik penen o'setug'ın da'wirinde bul oblastlardın' sebeplilik penen baylanıspag'an oblastlarday bolıp ko'riniwi tan' qalarlıq emes.

Hakiyqatında da (14)-nızam ushın gorizonttıń fizikalıq o'lsheimi

$$l_h(t) = -\exp(Ht) \int_0^t \frac{cdt'}{\exp(Ht')} = -\frac{c}{H} \exp(Ht) [e^{-Ht} - 1] = \frac{c}{H} [e^{Ht} - 1]. \quad (17)$$

waqıtqa baylanıslı eksponentsial tu'rde tez o'sedi. Biraq masshtablıq faktor bunnan da tezirek o'sedi. Demek, eger waqıttın' da'slepki momentinde eki bo'lekshe arasındag'ı qashıqlıq $l_{12} < c/H$, yag'nıy olar sebeplilik penen baylanısqan oblastta turg'an bolsa, onda $l_{12}(t) \sim l_{12}(0) \exp(Ht)$ tezden gorizonttıń arg'ı ta'repine o'tip ketedi (yag'nıy s/N tan u'lken boladı). Biraq usınday bolsa da bo'leksheler o'zlerinin' buring'ı baylanısları haqqında «esinde saqlaydı».

Eksponentsial ken'eyiwın kinematikasın $r_h = l_h/R(t)$ joldas koordinatalardıń o'zgerislerinen de tu'sindiriwge boladı. O'zinin' fizikalıq ma'nisi boyınsha bo'lekshenin' joldas koordinatası onın' Lagranjlıq koordinatası bolıp tabıladı ha'm ken'eyiw barısında o'zgermeydi. Atap aytqanda usı koordinatalarda keyinirek A'lemnin' qurılısınin' qaliplesiwine alıp keletug'ın da'slepki vozmushenielerdin' o'siwi protsessleri u'yreniledi.

İnflyatsiya barısında gorizonttıń joldas koordinatası derlik o'zgerissiz qaladı:

$$r_h = \frac{c}{R_0 H} [1 - e^{-Ht}] \approx \frac{c}{R_0 H}. \quad (18)$$

Bunnan eksponentsial ken'eyiw barısındag'ı ha'tte sheksiz bolajaqta da'slep radiusı s/N bolg'an sferanın' ishindegi noqatlar g'ana jaqtılıq signalları menen almasa alatug'ınlig'ı kelip shıg'adı.

Kerisinshe Fridman da'wirinde $R(t) \sim t^\alpha$, $\alpha < 1$ gorizonttıń joldas koordinatası waqıttın' o'siwshi funktsiyası bolıp tabıladı ($l_h/R(t) \sim t^{1-\alpha}$) ha'm Fridman ken'eyiwinde bolajaqta sebeplilik penen baylanısqan oblastta barlıq ken'islik jaylasadı.

$H^{-1} \equiv t_{\text{Pl}}$ qa sa'ykes keliwshi A'lemnin' «tuwılıwı» ushın sebeplilik penen baylanısqan oblasttıń radiusı $l_h \equiv l_{\text{Pl}} \approx 10^{-33} \text{ sm}$. Biraq eksponentsial ken'eyiwde 70 Xabbl waqıtında bul stadiyanın' t_{inf1} wakıtı ishinde ol $l_h \sim 10^{-3} \text{ sm}$ ge o'sedi. Bul shama gorizont mashqalasın she-shiw ushın jetkilikli. İnflyatsiyanın' ha'zirgi zaman modellerinde $Ht_{\text{inf1}} > 100$. Sonlıqtan sebeplilik penen baylanısqan oblasttıń o'lsheimleri o'tmishte de ha'zirgi gorizonttıń o'lsheimlerinen a'dewir ko'p bolg'an.

§ 10. Tegis du'nya mashqalası

Bul mashqala evolyutsiyasın' en' ertedegi da'wirlerinde A'lemnin' tıg'ızlıg'ı ρ nın' kritikalıq tıg'ızlıq ρ_s g'a ju'da' jaqınlıg'ında (yag'nıy $\rho/\rho_s = \Omega_0 = 1$). Usı ma'seleni talqılawdı a'piwayılastıramız. Bilayınsha boljayıq: du'nyanın' kvantlıq tuwılıwı $t_{pl} = 10^{-43}$ s waqıt momentinde o'tken bolsın. Tuwılğ'an waqıt momentindegi du'nyanın' ta'biyiy radiusı $l_{pl} = 10^{-33}$ sm. Bahalaw ushın ken'eyiwdi ba'rhamada rejeli nızam $R(t) \sim \sqrt{t}$ boyınsha ju'rde dep boljaymız. Ha'zirge shekem $t_0 = 10^{10}$ jıl ha'm usıg'an sa'ykes iymeklik radiusı $R = (3 \cdot 10^{17}/5 \cdot 10^{-44})^{1/2} \cdot 10^{-33} \sim 10^{-2}$ sm bolg'an bolar edi.

Endi kerı bag'ıttag'ı esaplawlar ju'rgizemiz. Ha'zirgi waqıtlardag'ı iymeklik radiusı $R > R_N \sim 10^{28}$ sm. O'tmishke ketip t_{Rl} momenti ushın $R(t_{Rl}) \sim 10^{-2}$ sm shamasın alamız, al gorizonttın' o'lshegi bolsa $l_{Rl} \ll R(t_{Rl})$. Bul ten'sizlik usı da'wirde A'lemnin' $l_{pl}/R(t_{pl}) \sim 10^{-31}$ shamasına shekemgi da'llikte tegis ekenligin bildiredi ($\Omega \sim 1/R^2$ termininde 10^{-60} qa shekemgi da'llik). Bunday joqarı da'llikti qalay tu'sindiriwge boladı?

Usınday juwmaqlarg'a da'lirek tallawlar na'tiyjesinde de keliwge boladı. Haqıyqatında da masshtablıq faktor ushın Fridman ten'lemesin $\Omega = \rho/\rho_s$ ha'm Xabbl turaqlısı $H = \frac{\dot{a}}{a}$ arqalı da mına tu'rde jazıwge boladı

$$|\Omega - 1| = \frac{c^2 |k|}{R^2 H^2} \quad (19)$$

Bul jerde $k=0$ tegis model ushın yamasa $k=\pm 1$ jabıq ha'm ashıq modeller ushın. Bul an'latpanın' on' ta'repi Xabbl uzınlıg'ı $d_H = c/H$ tın' iymeklik radiusı $R = a/k$ g'a qatnası bolıp tabıladı. Fridman stadiyasında $R(t) \sim t^\alpha$, $\alpha < 1$ ha'm $t \rightarrow \infty$ te $|\Omega - 1| \sim t^{2(1-\alpha)} \rightarrow +\infty$, yag'nıy Xabbl radiusı iymeklik radiusına (masshtablıq faktorg'an) qarag'anda tezirek o'sedi ha'm aN shaması barlıq waqıtta kemeydi. Sonlıqtan bızın' baqlanatug'ın A'lemimizdin' tegis A'lemge jaqınlıg'ı bizge bir tu'rli bolıp ko'rinedi.

Endi (19) dın' on' ta'repin da'slepki iymeklikten g'a'rezsiz A'lem avtomat tu'rde tegis bolıwıg'a umtilatug'ınday etip ken'eyiw barısında kemeytip ko'remiz. Bul sha'rt waqıtqa iye joldas Xabbl koordinatasın kishireytkenge ekvivalent ($d(c/aH)/dt < 0$). Bunnan masshtablıq faktor $d^2a/dt^2 > 0$ g'a ekvivalent talap alamız. Bul sha'rt $R \sim R_0 e^{Ht}$ eksponentsiallıq ken'eyiwde orınlanadı.

§ 11. Antroplıq printsip ha'm inflyatsiyalıq kosmologiya

Fiziklerdin' en' a'hmiyetli tileklerinin' biri fundamentallıq bo'lekshelerdin' eksperimenterde anıqlang'an barlıq parametrlerin ta'biyiy tu'rde bolıp anıqlaytug'ın teoriyanı du'ziw bolıp tabıladı. Bızın' a'sirimizde so'zsiz payda bolatug'ın usınday durıs teoriya a'piwayı ha'm sulıw boladı dep iseniw kerek.

Biraq elementar bo'lekshelerdin' ko'pshilik parametrleri tosınnan alinatug'ın sanlardın' jıynag'ına usaydı. Mısalı elektronnıń massası protonnıń massasınan mın' ese u'iken (a'llette shama menen alg'anda). Al protonnıń o'zi bolsa W-bozonnıń massasınan ju'zlegen ese kishi. Al W-bozonnıń massası bolsa fundamentallıq Plank massasınan 10^{17} ese kishi. Biraq usıg'an qaramastan elektronnıń massasınan, juqa strukturanıń turaqlısı α_e nın', ku'shli ta'sirlesiw konstantası α_s tın', tartılıs turaqlısı $G = M_p^{-2}$ nın' azmaz o'zgerisi bolg'an jag'dayda biz biletug'ın tirishiliktin' tipinın' payda bolmaytug'ın a'dewir waqıtlardan beri belgili⁴³. Bir ken'isliklik o'lshegi qosıw yamasa sol o'lshegi alıp taslaw planetalar sistemalarınan payda bolıwı mu'mkin emes edi. Haqıyqatında da kenislik-waqıttın' o'lshegi $D > 4$ bolsa gravitatsiyalıq ta'sirlesiw ku'shi r^{-2} nızamınan tezirek kemeydi, al $d < 4$ bolsa ulıwmalıq salıstırmalılıq

⁴³ A'llette $G = M_p^{-2}$ ten'liginin' orın alıwı ushın elementar bo'leksheler fizikasında ken'nen paydalanılatug'ın $h=c=1$ esaplaw sistemasi qollanıladi.

teoriyası bunday ku'shtin' pu'tkilley bolmaytug'ınlıg'ın tastıyıqlaydı. Bul so'zler d $\neq 4$ bolg'an jag'daylarda planetalar sistemasının' payda bolmaytug'ınlıg'ın aytıp tur. Sonın' menen birge bizdey tirishilik iyelerinin' A'lemde payda bolıwı ushın A'lemnin' o'zi jetkilikli da'rejede u'lken, geometriyası tegis, bir tekli ha'm izotrop bolıwı kerek. Usılardıń barlıg'ı ja'ne de solarg'a qosımsha bir qansha argumentler tiykarında *antroplıq printsip* dep atalatug'ın printsipti keltirip shıg'ardı. Usı printsipke sa'ykes *biz A'lemde qanday bolsa, tap sonday etip ko'remiz, sebebi tek usınday A'lemde g'ana tirishiliktin' ha'm sog'an sa'ykes bizin' o'zimizdin' payda bolıwımızdin' mu'mkinshiligi bar.*

Tap jaqın waqıtlarg'a shekem ko'p ilimpazlar o'zinin' ilimiy jumıslarında antroplıq printsipti paydalanbadı. Bul printsipke ko'p ushırasqan qatnas Kolb penen Ternerdin' (Kolb ha'm Turner) «Ertedegi A'lem» kitabında «Avtorlardın' birewine usınday aqılǵ'a muwapıq kelmeytug'ın antroplıq usag'an ideyanın' printsip qa'ddine shekem ko'teriliwi pu'tkilley tu'siniksiz» dep berilgen. (Kolb, 1990).

Bunday skeptikalıq qatnastı aqlawg'a boladı. A'lbette antroplıq printsipti paydalanbay-aq problemalardıń fizikalıq sheshimin tabıw a'dewir an'satıraq (mısalı usınday mashqala joq A'lemde g'ana bizin' jasawımız mu'mkin degenge qarag'anda). Antroplıq printsipti qol-lang'anda bul printsip mashqalanı sheshe almaydı, al tek g'ana su'yengendey g'ana xızmet etedi.

Biraq basqa ko'z-qaraslardan bul printsip ju'da' quramalı ha'm fundamentallıq mashqalalardı sheshiwge ja'rdem beredi. Biykarlawdın' ornına bul printsipti ha'r bir ayqın jag'dayda paydalanıwg'a umtılw kerek.

Antroplıq printsiptin' tiykarınan eki tu'ri bar: a'zzi ha'm ku'shli antroplıq printsip. A'zzi antroplıq printsip bılay deydi: eger A'lem ha'r qıylı qa'siyetlerge iye bo'limlerden turatug'ın bolsa, onda biz bizin' tirishiligimiz mu'mkin bolg'an bo'liminde jasaymız. Bul ko'zge ko'rinip turg'an jag'dayday bolıp qabıl etiledi. Biraq A'lemde qa'siyetleri ha'r qıylı bolg'an oblastlar bar ma? degen soraw tuwıladı. Eger joq bolsa, onda elektronın' massasınıń ha'm ta'sirlesiwlerdin' turaqlılarının' o'zgerisleri haqqındag'ı qa'legen ga'pler ma'niske iye bolmay qaladı.

Ku'shli antroplıq printsip mınanı tastıyıqlaydı: A'lem bizin' jasawımız mu'mkin bolg'anday bolıp jaratılǵ'an. Birinshi ret esitilgende bul tastıyıqlaw haqıyqatlıqqa tuwrı kelmeytug'ınday bolıp ko'rinedi. Sebebi adamzat A'lemnin' tiykarǵı qa'siyetleri qa'lipleskennen 10^{10} jıldan keyin payda boldı ha'm sonlıqtan ol A'lemnin' qurılısına ha'm ondag'ı elementar bo'lekshelerdin' qa'siyetlerine hesh qanday ta'sir ete almaydı.

İлимпazlar antroplıq printsipti A'lemde ko'p ma'rtebe jaratıwg'a baylanıstırdı. A'lemde do'retiw menen kim shug'ıllandı, bizin' jasawımız ushın jaramlı bolg'an A'lemde do'retiwdin' qanday za'ru'rliǵı boldı degen sorawlarg'a juwap bolmadı. Qala berse bizin' jasawımız ushın qolaylı sharayatları pu'tkil A'lemde emes, al Quyash sistemasın o'z ishine alatug'ın u'lken emes oblastta jaratıp qoyg'anda bolmaspa edi? Ma'seleni quramalastırıwdın' nege keregi bar edi?

Antroplıq printsip penen baylanıslı bolg'an mashqalalardıń ko'pshiligi inflyatsiyalıq kosmologiya payda bolg'annan keyin ko'p waqıt o'tpey-aq sheshildi. Sonlıqtan to'mende sol inflyatsiyalıq kosmologianın' tiykarǵı printsipleri ga'p etiledi.

§ 12. Inflyatsiyalıq kosmologiya modeli

Demek A'lemnin' inflyatsiyalıq modelinin' tiykarǵı ideyası: en' ertedegi A'lemde «antigravitatsiya» payda etetug'ın ha'm sonın' saldarınan A'lemde $\otimes > 0$ tezleniwi menen ken'eytiwge umtılatug'ın materiyanın' a'dettegidey emes forması bolg'an. Antigravitatsiyanın' ayrıqsha bir na'rse bolıp ko'rinbewi kerek. Sebebi ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası boyınsha gravitatsiyalıq maydannın' deregi tek zat emes, al basım da (ipmuls ag'ımı) maydannın' deregi bolıp tabıladı. Teris ma'nisli basımdı qadag'an etetug'ın hesh bir fizikalıq nızam joq. Sonın' menen birge ha'zirgi zaman elementar bo'leksheler fizikası skalyar maydanlar dep atalatug'ın maydanlardın'

bar ekenligin boljaydı⁴⁴. Bunday maydanlardın' bir qa'siyetlerinin' biri bazı bir jetkilikli da'rejedegi ulıwmalıq jag'daylarda $r = -\varepsilon$ hal ten'lemesin ju'zege keltiredi (teris ma'nisli basım!).

Eger A'lemnin' qanday da bir ıqtıyarlı kishi oblastında ertedegi stadiyalarda usınday maydan payda bolsa $r = -\varepsilon$ hal tan'lemesi jag'dayında masshtablıq faktor waqıtqa g'a'rezli eksponentsial nızam boyınsha o'sedi: $R(t) \sim e^{Ht}$. Bul jerde $H = \frac{\dot{R}}{R} = \text{const}$ Xabbl turaqlısı bolıp tabıladı. $N = \text{const}$ bolg'andag'ı (14) tu'rindegi sheshim 1917-jılı Gollandiyalı fizik Villem de Sitter ta'repinen Eynshteynnin' kosmologiyalıq turaqlısı bar ten'lemelerin sheshiw arqalı alındı ha'm sol kisinin' atı menen ataladı. Teris ma'nisli basım «antigravitatsiya» tu'rinde effektiv tu'rde A'lemdi ju'da' u'iken tezlik penen ken'eyiwge ma'jbu'rleydi. Usı ma'seleni tolıg'ıraq talqılap o'temiz.

Fridman ten'lemelerinen mınağ'an iye bolamız (masshtablıq faktordı a ha'ribi ja'rdeminde belgileyemiz):

$$\frac{d^2 a}{dt^2} = -\frac{4\pi G}{3} \left(\rho + \frac{3p}{c^2} \right) a. \quad (\text{bul qozg'alıs ten'lemesi bolıp tabıladı})$$

$$\frac{dp}{dt} = -3H \left(\rho + \frac{p}{c^2} \right) \quad (\text{bul u'zliksizlik ten'lemesi})^{45}$$

Sonlıqtan $r = -\varepsilon = -\rho c^2$ bolg'an jag'dayda $\rho = \varepsilon = \text{const}$ ha'm

$$a(t) = a_0 \exp \left[\sqrt{\frac{8\pi G \rho}{3}} t \right] \quad (20)$$

energiyanın' tıg'ızlıg'ı turaqlı bolg'andag'ı eksponentsiallıq nızamına iye bolamız (bul jag'dayda basım ku'shlerinin' jumısı ken'eygendegi energianın' kemeyiwın tolıq kompensatsiya kıladı).

Tıg'ızlıq turaqlı bolg'andag'ı oblastın' o'lishemlerinin' eksponentsiallıq o'siwi oblastın' ishindegi massanın' «hesh na'rseden» o'siwine sa'ykes keledi. A'lbette bul jag'day birinshi qarag'anda qolaysız jag'dayday bolıp ko'rinedi. Biraq energianın' saqlanıw nızamı bul jerde buzılmaydı: on' ma'nisli energianın' o'simi gravitatsiyalıq maydannın' teris ma'nisli energiyası menen da'l kompensatsiyalanadı. Al gravitatsiya maydannın' teris ma'nisli energiyası bolsa ken'eyiwshi oblastın' ishinde «payda bolatug'ın» on' energiya ta'repinen payda etiledi. Sonlıqtan inflyatsiyalıq ken'eyiw barısında tolıq energiya saqlanadı.

Bunnan da formalıraq termodinamikalıq qatnastı da qarap shıg'ıw mu'mkin (termodinamikanın' birinshi baslamasın, yag'nıy energianın' saqlanıw nızamın). Ken'ieyiwe entropiyanın' saqlanıwı kerek (yag'nıy $dS=0$). Sonlıqtan ko'lem elementindegi energianın' o'zgeriwın basım ku'shlerinin' jumısı kompensatsiyalaydı:

$$D(\varepsilon V) + p dV = 0$$

Basım $r = -\varepsilon$ ekenligin esapqa alsaq $d\varepsilon V + \varepsilon dV - \varepsilon dV = 0$ ekenligin tabamız. Demek ko'lem o'zgergende energiya o'zgermeydi eken.

Teris basımlı hal (antigravitatsiya payda etetug'ın hal) printsiptiallıq jaqtan turaqlı emes. Bul hal o'z-o'zinen a'dettegidey gravitatsiya payda etiwshi zatlarg'a ıdıraydı (radioaktiv yadrolardıń ıdırag'anınday bolıp). Bul turaqsız haldın' ıdırawının' xarakterli waqıtı Xabbl waqıtı $1/N$ tay bolıp anıqlanadı. ıdıraw barısında a'dettegi zatlardın' relyativistlik bo'leksheleri payda boladı (leptonlar, kvarkler ha'm olardıń supersimmetriyalı joldasları). Olardıń bir biri menen soqlıg'ısıwı ha'm ta'sir etisiwleri relyativistlik materiya ushın hal ten'lemesine ($r = +\varepsilon/3$) sa'ykes ten' salmaqlıqqa tezden keliwın ta'miyinleydi. Joqarıda atalıp o'tilgen Fridman kosmologiyasının' paradokslerin sheshiw ushın inflyatsiya stadiyasının' (da'wirinin') 70 Xabbl

⁴⁴ Sonı atap o'tiw kerek, ha'zirgi zaman fizikasının' printsipleri boyınsha usı waqıtlarg'a shekem eksperimentlerde ashılmag'an skalyar maydanlar bo'lekshelerge massa (inertlilik) beredi, al vektorlıq maydanlar bo'lekshelerdin' dinamikasın anıqlaydı.

⁴⁵ Usıg'an qosımsha energiya ushın da ten'lemenin' bar ekenligin ha'm onın' $\left(\frac{\dot{R}}{R} \right)^2 = \frac{8\pi G \rho}{3} - \left(\frac{kc^2}{a^2} \right) + \frac{\Lambda c^2}{3}$ tu'rine

iye bolatug'inlıg'ın atap o'temiz.

waqıtında dawam etiwı jetkilikli. Usınday waqıt ishinde masshtablıq faktor $e^{70} \approx 10^{30}$ ese o'sedi ha'm Fridman stadiyası baslanatug'ın momentte masshtablıq faktordın' shaması $10^{-33} \times 10^{30} = 10^{-3}$ sm di quraydı. Bul gorizont problemasını sheshiw ushın jetkilikli. Baslang'ısh tıg'ızlıq kerikli da'llikte (10^{-60} da'lliginde!!!) 1 ge ten' boladı (A'lemnin' tegis ekenligi mashqalasın' sheshimi)⁴⁶. Masshtablıq faktordın' eksponentsiallıq o'siminin' na'tiyjesinde da'slepki kvant fluktuatsiyaları gorizonttın' arg'ı ta'repinen ketedi, al keyingi stadiyalarda gorizont ishine ja'ne de «kiredi». Usın' menen bir qatar A'lemnin' kurılısın' qa'liplesiwı ushın za'ru'rli bolg'an vozmushenielerdin' baslang'ısh spektri generatsiyalanadı.

Solay etip inflyatsiya stadiyası 10^{-34} s ishinde o'lishemi shama menen 0,01 sm ko'lem ishinde ju'da' ıssı da'slepki zattı «tayarlaydı». Al bul oblast bolsa inertsiyası boyınsha $\mathbb{R} < 0$ menen ken'eyedi. Bul ıssı A'lem modeli («U'lken partlanıw») bolıp tabıladı. Endi «partlanıwdın'» ornın inflyatsiya da'wiri (stadiyası) iyeleytug'ınlıg'ı tu'sinikli boldı.

Ertedegi A'lemdegi Fridman stadiyasına shekem ken'eyiwın' inflyatsiyalıq stadiyasın' ornı alg'anlıg'ına gu'wa bolatug'ın argumentlerdi atap o'temiz:

1. A'lemnin' u'lken entropiyası ($\sim 10^{90}$). Inflyatsiya modelinde usınday u'lken san masshtablıq faktordın' 70 ese u'lkeyiwınin' «qunı» menen alınadı.

2. Bir tekli ha'm izotroplı Xabbl ken'eyiwınin' ornı alıwı. Bul ertedegi A'lemdegi antigravitatsiyanın' ta'siri sıpatında ta'biyiy tu'rde alınadı.

3. U'lken masshtablarda A'lemnin' bir tekiligi menen izotropiyası (gorizont mashqalası). Barlıq fluktuatsiyalardıń inflyatsiyag'a shekemgi da'wirlerdegi sebepli baylanısın' bar ekenligi menen tu'sindiriledi.

4. A'lemnin' tolıq tıg'ızlıg'ınin' kritikalıq tıg'ızlıqqa jaqınlıg'ı (da'l ten' ekenligi dep ayta alamız, bul A'lemnin' geometriyasınin' tegis ekenligi mashqalası). Tıg'ızlıqtın' da'slepki shamasınan g'a'rezsiz inflyatsiya stadiyasında za'ru'rli bolg'an da'llikte $\Omega \rightarrow 1$.

5. Magnit monopollerinin' joqlıg'ı⁴⁷. U'lken partlanıwdın' standart modelinde bunday monopoller $T \sim 10^{16}$ GeV payda boladı ha'm onın' A'lemnin' tıg'ızlıg'ına qosqan u'lesi ha'zirgi ku'nleri A'lemnin' ortasha tıg'ızlıg'ınan 10^{12} ese u'lken bolar edi. Inflyatsiya modelinde bolsa inflyatsiyag'a shekem payda bolg'an monopoller eksponentsiallıq ken'eyiwde bir birinen sonsha aralıqlarg'a qashıqlasadı, olardıń sanı ha'zirgi gorizonttın' ishi ushın hesh qanday qa'wip payda etpeydi.

6. Ha'r qanday mu'yeshlik masshtablardag'ı reliktiv nurlardıń fluktuatsiyalarınin' fazalasqan (birdey fazalarg'a tu'sirilgen) ostsillyatsiyaları (Saxarov terbelisleri). Bul inflyatsiyag'a shekemgi da'wirlerdegi sebeplilik penen baylanısqan oblasttın' ishindegi da'slepki fluktuatsiyalardıń payda bolıwınin' tuwrıdan-tuwrı sebebi.

En' aqırında ma'n'gi inflyatsiya modeli (ma'n'gi xaotik inflyatsiya) haqqında kısıqasha ga'p etemiz. Onın' ma'nisi to'mendegidey: A'lemdegi bir orında baslang'an inflyatsiya toqtay almaydı. Haqıyqatında da radioaktivli ıdırawdan parqı, inflyatsiyadag'ı antigravitatsiya payda etiwshi substantsiyanın' (da'slepki zattın') a'dettegi zatlarg'a ıdırawı inflyatsiya ta'repinen iyelengen oblasttın' o'lishemlerinin' eksponentsiallıq o'siwine alıp keledi. Al bul oblasttag'ı a'dettegi zatlar menen iyelengen oblast kishi (sebebi a'dettegi zatlar a'steleniw menen ken'eyedi). Solay etip barlıq A'lem ken'eyiwshi inflyatsiyalıq faza menen tolg'an boladı, al sonın' ishinde a'dettegi materiyanın' sebep penen baylanıspag'an sheksiz ko'p «atawları» payda boladı ("bizin' A'lemimiz" bolsa sol atawlardın' biri).

Usınday teoriyalardıń mu'mkin bolg'an na'tiyjelerin demonstratsiyalaw ushın xaotik inflyatsiya protsessindegi eki skalyar maydannan turatug'ın sistemanın' evolyutsiyasınin' kompyuterlik modelin qarap shıg'amız. Meyli ϕ inflaton, yag'nıy inflyatsiyanı payda etiwshi

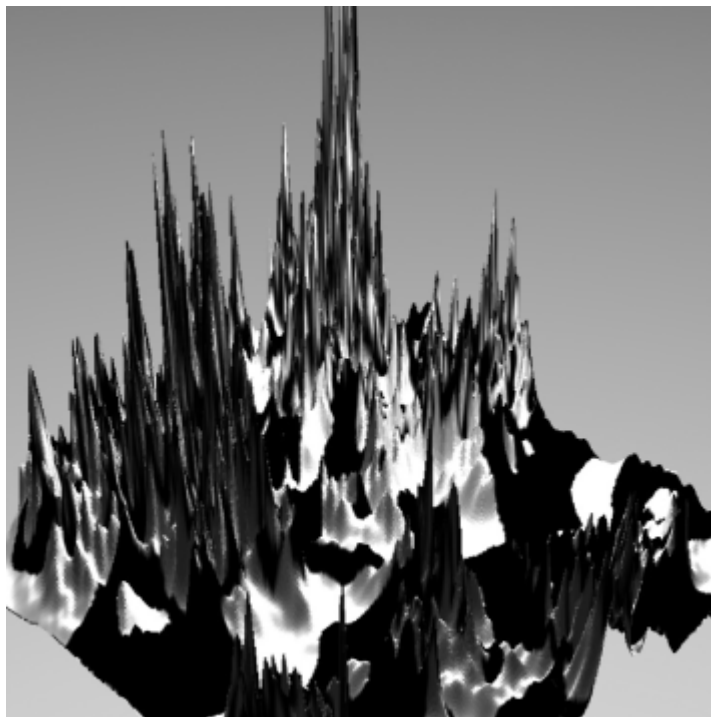
⁴⁶ Ayırım avtorlardın' reliktiv nurlardı izertlew barısında bergen mag'lıwmatları boyınsha A'lemnin' haqıyqiy diametri 78 milliard jaqtılıq jılına ten' bolıwı kerek. Al ha'zirgi zaman texnikası bolsa 14 milliard jaqtılıq jılına ten' qashıqlıqlar shegin ko're aladı (gorizont mashqalası).

⁴⁷ Magnit monopollerinin' bar ekenligi birinshi ret P. Dirak ta'repinen boljap ayıldı. Onın' massası 10^{16} GeV bolıwı kerek. Eksperimentlerde ele baqlang'an joq.

(tuwdırıwshı) maydan. Onın' shaması a'lemnin'⁴⁸ eki o'lsheмли kesimindegi $\phi(x, y)$ betinin' biyikligi menen berilgen. χ maydanı simmetriyanın' spontan buzılıw teoriyasındag'ı mu'mkin bolg'an maydannın' tipi. Eger maydan berilgen noqatta effektiv potentsialdın' eki minimumnın' ishindegi bir halg'a tuwrı kelse qara menen boyaymız, al ekinshi halg'a sa'ykes kelse aq tu'rge boyaymız. Bular simmetriyanın' buzılıwının' ha'r qıylı tiplerine, yag'nıy to'mengi energiyalarda fizikanın' nızamlarının' ha'r qıylı jıynaqlarına sa'ykes keledi.

Da'slep barlıq inflyatsiyalıq oblast qara ha'm eki maydannın' tarqalıwı bir tekli bolg'an. Bunnan keyin oblast eksponentsiallıq u'lken masshtablarg'a shekem ken'eyedi ha'm ha'r qıylı qa'siyetlerge iye eksponentsiallıq u'lken domenlerge bo'lingen boladı (6-su'wret). Su'wrettegi ha'r bir pik Plank tıg'ızlıg'ına sa'ykes keledi ha'm jan'a U'lken partlanıwdın' bası sıpatında qaralıwı mu'mkin. Ol jerde fizikanın' nızamları ju'da' tez o'zgeredi. Biraq bul nızamlar ϕ maydanı kishi orınlarda (yag'nıy 6-su'wretin' jaypawıtlarında) o'zgermeydi. Skalyar maydanlardın' kvantlıq fluktuatsiyaları A'lemde eksponentsiallıq jaqtan u'lken oblastlarga bo'ledi. Ha'r bir oblastta to'mengi temperaturalarda ha'm ha'r qıylı tıg'ızlıqlarda o'zine ta'n fizikanın' nızamları hu'kim su'redi.

Skalyar maydanlardın' kvantlıq sekiriwlerinin' na'tiyjesinde a'lem kishi energiyalarda fizikanın' ha'r qıylı nızamlarına iye sheksiz ko'p sanlı eksponentsiallıq u'lken oblastlarga bo'lingen bolıp shıg'adı. Usı oblastlardın' ha'r qaysısı sonshama u'lken bolap, onı ayırım bir a'lem dep qarawg'a mu'mkin boladı. Sol a'lemlerde jasawshı tirishilik iyeleri onın' shegaralarınan eksponentsial tu'rde qashıq jasap, basqa qa'siyetlerge iye basqa a'lemlerdin' bar ekenligin bile almaydı.



6-su'wret. A'lemnin' o'zin-o'zi qayta tuwıw protsessindegi skalyar maydanlar ϕ penen χ nın' a'dettegidey tarqalıwı. Tarqalıwdın' biyikligi inflyatsiyanı boldıratug'ın ϕ maydanının' shamasın sa'wlelendiredi. Eger χ maydanı effektiv potentsialdın' eki minimumnın' birinde jaylassa bet qara menen boyalg'an, al sol maydan minimumnın' ekinshisinde jaylassa bet aq penen boyalg'an. Kishi energiyalarda ha'r qıylı oblastlardag'ı fizikanın' nızamları ha'r qıylı. «Tawlardın'» en' joqarg'ı noqatları (to'beleri) kvantlıq fluktuatsiyalar skalyar maydanlardı Plank tıg'ızlıg'ına qaytaratug'ın noqatlarga sa'ykes keledi. Bazı bir ma'nislerde usınday ha'r bir noqattı jan'a U'lken partlanıwdın' bası (baslang'ısh noqatı) dep qarawg'a boladı.

Eger usı stsenariy durıs bolıp shıqsa fizika ilimi o'zinshe a'lemnin' bizge tiyisli bo'leginin' barlıq qa'siyetlerin tolıq tu'sindirip bere almaydı. Bir fizikalıq teoriya ha'r qıylı qa'siyetlerge iye a'lemnin' ha'r qıylı oblastların ta'ripnley aladı. Usı stsenariyge sa'ykes biz bizin' fizikalıq nızamlarg'a iye a'lemnin' to'rt o'lsheмли oblastında jasaymız. Bul basqada o'lshemlerge iye yamasa basqa nızamlarg'a iye oblastlardın' bar bolıw mu'mkinshiliginin' joqlıg'ınan yamasa

⁴⁸ Bul jerde ayqın bizin' A'lemimiz haqqında ga'p etilip atırg'an joq.

itimallılıg'ının' kemliginen emes, al onday oblastlarda bizdegidey tiptegi tirishilikтин' bolıwı mu'mkin emes.

Usınnan a'zzi antroplıq printsiptin' durıs ekenligi da'lillenedi. Bizin' jasawımız ushın za'ru'rli bolg'an jag'daylarg'a ha'm qa'siyetler menen parametrlerge, sonday-aq fizikanın' nızamlarına iye a'lemdi arnawlı tu'rde do'retip otırıwdın' keregi bolmay qaladı. Inflyatsiyalıq a'lem sırttan ta'sirsiz-aq fizikanın' barlıq mu'mkin bolg'an nızamlarına iye eksponentsiallıq u'lken oblastlardı tuwadı (payda etedi). Sonlıqtan bizin' jasawımız ushın sharayatların' u'lken oblastlarda payda bolg'anlıg'ına tan'lanbawımız kerek. Eger sonday sharayatlar da'slep tek bizin' a'tirapımızda payda bolg'an bolsa, onda inflyatsiya bunday sharayatları a'lemnin' baqlanatuğ'ın bo'liminin' barlıg'ında da payda etedi.

Axmed a'l-Ferg'aniy

Qa'dimiy qa'diriyatlarımızdı qayta tiklew, teberik topırag'ımızda jasap o'tken dan'qlı ababalarımızdı 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.Karimovtin' 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 Ulıg'bektin' tuwılğ'annın' 600 jılıg'ının', 1996-jılı bolsa, sahıpqıran sa'rkarda A'mir Temirdin' 660 jılıg'ının' pu'tkil jer ju'zilik ko'lemde ko'terin'kilik penen belgileniwi bizin' ruwhıy 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'aniydın' 1200 jılıg'ın belgilew YuNESKOnın' 1998-jıldag'ı ilajlar rejesine kirgizildi. Usıg'an baylanıslı jaqında g'ana O'zbekstan Respublikası Ministrler Kabinetinin' Axmed a'l-Ferg'aniydın' 1200 jılıg'ın 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'aniydın' ma'n'gige qaldırılğ'an astronomiya, geografiya ha'm olarg'a tikkeley baylanıslı bolg'an matematika tarawlarındag'ı ilimiy miyrasları menen ken' ja'miyetshiligimizdi jaqınnan tanıstırıp o'tiwdi maqul ko'rdik.

Ullı astronomımız Mirza Ulıg'bek ha'm onın' ilimde qaldırğ'an miyrasları haqqında 1994-jılı usı qatarlardın' avtorının' qatnasıwında kitapsha shıg'arılğ'an edi. Atalg'an kitapshada Mirza Ulıg'bektin' astronomiya ilimine qosqan u'lesin, onın' ilimde iyelegen ornın anıq ko'rsetiw Axmed a'l-Ferg'aniydın' 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 tulg'alarımızdan Xorezmiyerdi, Axmed a'l-Ferg'aniydi, A'biw Rayxan a'l-Beruniydi, A'biw A'liy ibn Sinanı, Omar Hayyamdı, Mirza Ulıg'bektin' ha'm basqa da ko'plegen allama atalarımızdı bilemiz, qa'dirleymiz ha'm maqtanısh etemiz.

Tariyxıy da'reklerden VIII a'sirdin' aqırı ha'm IX a'sirdin' basında paytaxtı Bag'dad qalası bolg'an Arab xalifatlıg'ının' payda bolg'anlıg'ın bilemiz. Bul jerde tiykarınan diyxansılıq 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'rliligin 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 bassılıg'ı o'zinin' qol astındag'ı ellerden ko'p sandag'ı ilimpazları jıynadı. Bul jerde 795-jılı universitet, 829-jılı astronomiyalıq observatoriya ashıldı. IX a'sirde

arab tiline a'yyemgi grek bilimpazlarının' tiykarg'ı miynetleri awdarıldı. IX-X a'sirlerde Bag'dad qalasında jumıs islegen ilimpazların' ko'pshiligin Oraylıq Aziyadan alıp kelingenerler (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 tuwılǵ'an. Onın' balalıq jılları, qay jerlerde oqıǵ'anlıǵ'ı haqqında mag'lıwmatlar saqlanbag'an. Alımnın' do'retiwshilik miynetlerinin' basım ko'pshiligi Bag'dad qalasındag'ı observatoriyada islewinin' barısında jazıldı ha'm ilimpazdın' ismi sol waqıtlardıń o'zinde-aq rawajlanıp atırǵ'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 tanılǵ'anlıǵ'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 bolǵ'an aymaqlarındag'ı hawa rayının' kesesin 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 jolǵ'a bag'darladı.

A'l-Ferg'aniydın' kitabında sol da'wirlerdegi astronomiyanın' tiykarları, juldızlar kesesi menen bir qatar da astronomiyalıq a'sbap-u'skenelerdin' sıpatlamaları ha'm za'ru'rli bolǵ'an matematikalıq esaplawlar da berilgen. Da'slep bul kitap Aziya ha'm Evropa ellerine qoljazba tu'rinde tezden tarqalǵ'an. 1493-jılı İtaliyanın' Ferrare qalasındag'ı tipografiyada «Aspan qozǵ'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 shıǵ'a basladı. Mısalı qyyo-jılı alımnın' «Astronomiya elementleri» kitabı gollandiyalı ilimpaz Yakob Golius ta'repinen latin tiline awdarılıp Amsterdam qalasında basıp shıǵ'arıldı. Na'tiyjede Evropalıqlarǵ'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 qızıǵ'ıwshılıqtı payda etedi. Astrolyabiya orta a'sirlerdegi juldızların' aspan sferasındag'ı koordinataların anıqlaytug'ın a'sbap bolıp, A'l-Ferg'aniy onın' qozǵ'almalı bo'limlerin sog'ıwdın' ta'rptilerin bayanlaydı. Kitaptın' baslang'ısh bo'legi stereografiyalıq proektsiyalar haqqındag'ı teoremlardı da'lillewden ibarat. Bul jerde ha'r qanday geometriyalıq figuralardıń sferalardag'ı proektsiyaların qurıwdın' usılları ayqın ko'rsetilgen. Usıǵ'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 ilimpazların' miynetlerin jaqsı bilgenligin anıq ko'redi. «Astrolyabiyanı sog'ıw haqqında» g'ı kitap IX a'sirdin' basında jazılǵ'an Muxammed ibn Muwsanın' «Tegis ha'm shar ta'rizli figuralardı o'lshew kitabında» keltirilip shıǵ'arılǵ'an geometriyalıq jan'alıqlardıń 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 sızıqlardıń ja'rdeminde anıqlaw» miynetin alıp qarasaq boladı. Bul kitapta Muxammed ibn Muwsa A'l-Xorezmiydın' zidjinde (juldızlar kesesinde) keltirilgen a'l-Ferg'aniydın' Quyashtın' ten'lemesin esaplaw jolı menen anıqlawı haqqında}, «A'l-Xorezmiydın' zidjindegi (juldızlar kesesindegi) A'l-Ferg'aniy ta'repinen esaplawlar jolı menen keltirilip shıǵ'arılǵ'an teoriyalıq tiykarlarmalardıń durıslıǵ'ın menin' da'lillewim» atlı paragrafları A'l-Ferg'aniydın' jumıslarının' qanday da'rejede ilimpaz-

larg'a belgili bolg'anlig'ınan da'rek beredi. A'l-Ferg'aniydin' aspan denelerinin' qozg'alısın sıpatlawg'a mu'mkinshilik beretug'ın matematikalıq miynetlerinin' na'tiyjeleri, a'sirese onın' stereografıyalıq 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 paydalanıl'g'anlig'ın 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 Myuller 1464-jılı birinshiler qatarında astronom A'l-Ferg'aniy miynetlerin pu'tkil matematika iliminin' tariyxı sıpatında tanıp ha'm ta'n alıp, bul boyınsha universitetle lektisiya oqıy baslag'an. Bul bizin' jerlesimizdin' ullı miyraslarına qaratıl'g'an ayırıqsha dıqqattın' 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'darındag'ı urıs-janjellerdin' 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'ın Xorezmshah, al Gurganjdı bolsa Oraylıq Aziya ma'mleketlerin VII a'sirde basıp alg'an arablar ta'repinen qoyıl'g'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 qa'liplesti 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 İlekhannın', ekinshi ta'repten qu'direti o'sip baratır'g'an Maxmud G'aznawiydin' qa'wpi astında turdı. Usının' aqıbetinde, a'sirese Maxmud G'aznawiydin' Xorezmdegi bolıp atır'g'an ma'deniy ha'm ekonomikalıq gu'lleniwdi ko're almawınan 1017-jılı ba'ha'rde Hazarasp qalasındag'ı Mamunnın' a'skerleri menen til biriktirip, ko'terilis sho'lkemlestiriw na'tiyjesinde Xorezmshah o'ltirildi. Taxtqa Maxmudtin' atası Abdul-Xaris Muxammed ibn A'liy otır'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'ındır'g'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 qulatılardı. Usının' sebebinen Xorezm qaytadan tolıq g'a'rezsizlikke erisedi.

Minekey usınday awır, tınıshsız ha'm alasapıranlı tariyxıy waqıyalardıń barısında bizin' ullı 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' zamanlasların' 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 ayrıqsha zeyinliligi 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 atların' grek tilinde qalay atalıwın ha'm jazılıwın u'yrengen. Kishi jaslarında ol joqarıda atı atalg'an Baniw 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 jumıslardıń avtorı A'biw Nasır Ma'nsu'r ibn İrak A'l-Beruniydin' ilimpaz bolıp qaliplesiwine o'zinin' tikkeley ta'sirin tiygizdi. İbn İrak Xorezmshahqa arnalǵ'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 İraktıń 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 jumısların basladı.

Tariyxshılar qaldırıp ketken miyraslarg'a qarag'anda, sol da'wirlerde Ka't qalasında a'hmiyetli sawda jolları kesilisen, suwı tolǵ'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 ayrıqsha tilge alınadı. Tap usı jag'daylar keltirip shıǵ'aratug'ın ma'selelerdi sheshiw za'ru'rıligi 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 baylanıslı taxttan tu'sirilgen ha'm qazalang'an Xorezmshah penen tikkeley baylanıslı bolǵ'anlıǵ'ı sebepli A'l-Beruniy Rey qalasına (ha'zirgi Tegerannın' bir bo'limi) qashıwǵ'a ma'jbu'r boladı. Usı waqıyag'a baylanıslı alım ko'p jıllar o'tkennen keyin bılay jazadı (bul maqalada alımnın' miynetlerinen u'zındiler 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, keyinshe-lik 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 ayrıqsha qubılıs» dep jazdı. Astronomiyalıq a'sbaplar sog'ıw boyınsha A'l-Xojendiydin' ta'limatı XV a'sirdegi Ulıǵ'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 ajıralıp 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 atırǵan o'zinen segiz jas kishi İbn Sina menen xat jazısıwı arqalı Aristotel ta'limatı boyınsha diskussiyası baslanadı. Bul xatlardan alımnın' 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'retiledi.

Biraq, Ka't qalasında ilim-izertlew islerin' ha'm ken' tu'rde ju'rgiziwge imkaniyat bolmadı. Bul jerdegi ornatılǵan 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 arnalǵan o'zinin' ko'p a'sirler dawamında jer ju'zilik a'hmiyetin jog'altpag'an «Xronologiya» («O'tken a'wladlardan qalg'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'retildi. Bul waqıt alımnın' ilimdegi jedel tu'rdegi do'retiwshilik da'wirinın' baslaması bolıp tabıladı.

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 otırǵan 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. Gurganjg'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 Prezidentimiz İ.Karimovtın' arnawlı pa'rmanı menen 1997-jılı qayta tiklengen «Mamun akademiyası» dep atalatug'ın iri ilimiy orayg'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 jariq ko'redi. Bul ilimiy miynette Arximed ta'repinen ashılǵan ha'm onın' atı menen atalatug'ın belgili nızam tiykarında ha'zirgi «Materialtanıw» iliminin' sol waqıtları bizin' u'lkemizde rawajlanıwına u'lken salmaq qosılǵanlıǵın ko'remiz.

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 baylanıslı A'l-Beruniy 1017-jıldın' jaz aylarında Gurganjdı taslap G'azna qalasına ko'shiwge ma'jbu'r boldı. Tutqınlar qatarında bolǵanlıǵına qaramastan, ol G'aznag'a o'zi menen tolıq ilimiy arxivin alıp ketedi ha'm ol jerge barıwı 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 adamlarının' 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 bolǵan. 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 bolǵan ha'm ha'tte ilimiy isler menen de shug'ıllang'an. İslam Shıǵısında birinshi ret Maxmud G'aznawiy 1018-1019 jılları ma'mleketlik medrese saldıǵan ha'm og'an ko'plegen kitaplardı, qoljazbalardı jıynatqan. Sonın' menen birge ol islam dinin' endiriw sıltawı ha'm dinsizlerge qarsı g'azawat bayrag'ı astında qon'sı ma'mleketlerge bolǵan urısların toqtatqan joq. Biraq bul shın

ma'nisinde basqınshılıq urısları edi. Misalı 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' ıqtıyırında hesh qanday astronomiyalıq a'sbap bolmadı. Biraq, 1019-jılǵ'a kelip, A'l-Beruniy diametri 4.5 metrge ten' joqarı da'llikte o'lsheyutug'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, alımın' G'azna qalasındag'ı o'mirinin' ilimiy na'tiyjeler menen tabıshı 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. Alımın' 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 shıg'ıp, onda 990-jıllardan baslap jıynag'an ha'm o'zi ta'repinen alıng'an ilimiy na'tiyjelerdi ulıwmalastıradı. A'l-Beruniy bul miyneti haqqında bılay jazadı: «Menin' so'zimde (miynetimde) aytıwǵ'a umtılp atırg'an aqırg'ı maqsetim... belgili bolǵay. Egerde onı ulıwma tu'rde alsaq Jerdin' qa'legen ornın' koordinataların shıg'ıs ha'm batıs arasındag'ı uzınlıq, arqa menen qubla arasındag'ı ken'lik boyınsha, sonın' menen birge orınlardı arasındag'ı qashıqlıqtı, azimutlardı bir birine salıstırıp anıqlaw usılların bayanlaw bolıp tabıladı».

«Geodeziya» miyneti u'lken kirisiw bo'liminen, bes teoriyalıq bapıan 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 qabil etilgen ma'nisi 6371 km). Usı tiy-karda 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 jasadı degen ko'z-qarası menen pu'tkilley kelispedi. Evropanın' batısı menen Aziyanın' shıg'ısın' 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'llette, 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, Qıtaydın' shıg'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 shıg'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'zinnin' barlıq ku'shimdi hind kitapların tabıwǵ'a 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' unamli ta'sirin tiygizip keldi. Solardın' ishinde, misalı, ha'zirgi waqıtları pu'tkil jer ju'zinde qabil 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'man deslep arablarg'a, keyinshelik evropalılarg'a taralg'an hind tsifrları bolıp tabıladı.

A'l-Beruniydin' «Hindstan» miynetinde Hindstannın' ruwhiy ma'deniyatının' o'zgesheliklerin bayanlaw tiykarg'ı orındı iyeleydi. Bul jerde avtordın' hindlerdin' geografıyalıq 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 avtorlarının' 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 jetki-ziwdin' 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 tolig'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'ıllanıwshılardın' 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. Misal retinde «Qus jolı degen ne?» degen mazmundag'ı 167-sorawdı alıp qaraymız. Juwapta Qus jolının' sırtqı formalarının' qanday ekenligin ha'm qanday juldızlar toparı araqaalı 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 alımımızdın' 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'lshewler 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 qabil 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'urılım 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 bilay jazadı «Men barlıq waqıtta matematikanın' bir tarawı menen (astronomiya menen - B.A') tig'iz baylanısta boldım, og'an jarmastım, og'an o'zimdi bag'ishladım. 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 qol-lanba 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 bolğ'an qa'telikler jiberiwden saqlag'ay dep Allag'a sıynaman».

Kitapta tiykar etip aling'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 sızıq 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'rtipke 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 ayrıqsha «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'lshemlerine salıstırg'anda Jerdin' o'lshemleri sezilerliktey u'lken emes, Jerdin' o'zi hesh qanday qozg'alısqa qatnaspaydı, aspanda batıstan shıg'ısqa qaray ha'm shıg'ıstan batısqa qaray bolğ'an qozg'alıslardıń eki tu'ri a'melge asadı.

A'lbette, ha'zirgi zaman ko'z-qarasları boyınsha birazı nadurıs bolğ'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 planetalardıń qozg'alıs nızamları tabılğ'annan keyin XVII a'sirde İ.Nyuton ta'repinen tolıq ashıldı ha'm pu'tkil ta'biyattanıwdı durıs jolg'a saldı. Bi-raq, 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'menlele 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 energiyasın to'menlew, kekseliktin' baslanıw, densawlıg'ının', a'sirese ko'zlerinin' ko'riwinin' pa'seyiw da'wiri boldı. Alım astro-nomiya ilimi menen shug'ıllanıwdı pu'tkilley toqtattı, al onın' ornına mineralogiya ha'm farma-kognoziya boyınsha jumıslarg'a tiykarǵı dıqqattı qarattı. Na'tiyjede A'l-Beruniy bul waqıtları adamzat tariyxının' o'lmes estelikleri bolıp qalg'an «Mineralogiya» (tolıq atı «Qımbat bahalı zatlardı tanıw ushın arnalğ'an ma'limlemelerdin' jıynag'ı») ha'm «Farmakogneziya» («Meditsinalıq da'riler haqqında kitap») miynetinlerin do'retti. Alım shapaker bolğ'an joq, sonın' menen birge da'rilik qa'siyetleri bolğ'an o'simliklerdin', basqa da zatlardın' adam orga-nizmine 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' ishindegi 113 miynettin' 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 baylanıslı saray xızmetkeri A'biw Fazılga 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' alağanına shekesin tiygizgen qazı A'biw Xasan Wa'lwa'liyjiyden «Hiylekerlik jollar menen tabılg'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'lgan, al A'l-Beruniy bolsa ko'zin aqirg'ı ret jumg'an.

O'mirinin' aqırında onın' biytoplıq 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 umıttı.

Solay etip bizin' atı a'lemge belgili alımnımdı aqirg'ı demi jetkenshe o'zin ilimge bag'ıshladı. Onın' nesiybesine 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.

ULUG'BEK HA'M ASTRONOMIYA

I. ULUG'BEKKE SHEKEMGI ASTRONOMIYA

Astronomiya en' a'yyemgi ilimler qatarına jatadı. Onın' payda bolıwı birinshi gezekte diyxansılıq penen baylanıslı. Egindi egiw baslanatug'ın ha'm tamam bolatug'ın waqıtlardı da'l biliw za'ru'rligi astronomiyanın' payda bolıwına ha'm rawajlanıwına alıp keldi. Jıldag'ı ku'nlerdin' sanın, ma'wsimlerden' almasıwın biliw da'slepki astronomlardın' tiykarg'ı ma'slesi boldı. Sonın' menen birge bizdi qorshap turg'an A'lemnin' (du'nyanın') qurılısın, sırların ashıw adamzattın' en' a'yyemgi zamannan bergi aldına qoyg'an maqsetlerinin' biri bolıp tabıladı. Bul tarawdag'ı izertlewler ma'n'gi dawam ete beredi.

A'yyemgi astronomiyanın' ha'm astronomlardın' xızmeti ha'zirgi Ellikqala rayonının' territoriyasındag'ı Qoyqırılq'an qalanın' misalında ayqın ko'rinedi (bul qala bizin' eramızdan buring'ı IV-III a'sirlerde salıng'an). Qalanın' en' u'stingi oraylıq bo'liminin' qurılısı basqa da jerlerde ashılq'an observatoriyalardı eske tu'siredi. Bul jerdegi aynalardın' ornalasıwı tiykarınan Quıyash menen Aydı jıl dawamında baqlaw ushın qolaylastırılq'an. Qalanı qazıw barısında a'yyemgi bizin' jerleslerimiz ta'repinen qollanılg'an mu'yesh o'lsheyutug'ın a'sbaplardın' (astrolyabiyanın') qaldıqları da tabılq'an.

Qaraqalpaqstannın' tu'slik rayonlarında ju'rgizilgen arxeologiyalıq izertlewler a'yyemgi Xorezmde rawajlang'an, derlik ha'mme qalalarda da astronomiyalıq baqlawlardın' ju'rgizilgenligin, bul jumıslardın' tiykarınan diyxansılıq ushın xızmet etkenliginen derek beredi. Tilekke qarsı bul jerde alıng'an na'tiyjeler, usı na'tiyjelerdin' da'lliginin' da'rejesi haqqında bizge hesh na'rse ma'lim emes.

A'yyemgi Xorezm menen qatar astronomiya a'yyemgi Gretsiyada u'iken pa'tler menen rawajlandı. Bul jerde de baqlawlar tariyxınan diyxanshılıqtı o'z waqtında ju'rgiziw, da'stu'rge engen ku'nlerdi da'l belgilew, qurg'aqlıqta, ten'izde turg'an orındı da'l anıqlaw ma'selelerin sheshiw za'ru'riginin' bar bolıwınin' saldarınan alıp barıldı. Biz to'mende Gretsiyadag'ı baqlaw astronomiyası dep atalatug'ın astronomiyanın' rawajlanıw barısı ha'm onın' arab ellerindegi, Maverennaxrdag'ı astronomiyanın' rawajlanıwına ta'sirin bayanlaymız.

Tariyxta atı qalg'an ha'm o'zinin' izertlewlerinin' na'tiyjeleri menen belgili grek ilimpazlarınin' en' jası u'ikenlerinin' biri matematik-astronom Pifagor (bizin' eramızdan burıng'ı shama menen 580-500 jıllar) bolıp tabıladı. Ol ta'jiriybeleri ha'm ku'ndelikli ju'rgizgen baqlawlarınin' na'tiyjeleri boyınsha esaplawlar tiykarında Jerdin' shar ta'rizli ekenligi haqqında pikir ayttı. Sistemalı ju'rgizilgen baqlawlar haqıyqatında da Jerdin' shar ta'rizli ekenligin ko'rsetedi. Ma'selen, ten'izdegi korabller jag'adan qashıqlag'an sayın da'slep onın' to'mengi korpusı, keyninen jelqomlar ko'riniw maydanınan jog'aladı. Usıg'an sa'ykes keletug'ın qubılıs Ay tutılğ'anda da baqlanadı. Aydın' betindegi sayasına qarap Jerdin' shar ta'rizli ekenligine ko'z jetkiziw mumkin. Bunday pikirge astronomiyalıq baqlawlar menen shug'ıllang'an a'yyemgi Xorezmlik astronomların' da keliwi ta'biyg'ıy na'rse.

Pifagor ha'm onın' islerin dawam ettiriwshiler Jerdin' o'lsheplerin, Jer menen basqa planetalar arasındag'ı qashıqlıqlardı da anıqladı. Ma'selen, olar Jer menen qozg'almaytug'ın juldızlar sferası arasındag'ı qashıqlıq ushın 140 000 km shamasın aldı. Bul na'tiyjeden Pifagorshılar ushın du'nyanın' ju'da' tar bolıp shıqqanlıg'ın ko'remiz.

Pifagordın' islerin dawam etiwshiler A'lemge bolg'an ko'z-qaraslardı a'dewir rawajlandırıdı. Mısalı, bizin' eramızdan burıng'ı III a'sirde jasag'an Geraklit Pontiyskiy Merkuriy ha'm Venera planetaları Quyashtın' do'gereginde, sonın' menen birge olar Jerdin' da'slepki geogeliooraylıq (du'nyanın' orayına bir waqıtta Jerdi de, Quyashtı da qoyatug'ın sistema) sistema bolıp tabıladı.

Belgili a'yyemgi grek ilimpazı Platonnin' (bizin' eramızdan burıng'ı 428-347 jıllar) pikiri boyınsha A'lem orayı Jer esaplanıp, ol jalg'ız, tiri ha'm jetilisen sfera bolıp tabıladı. Jer o'zinin' ko'sheri do'gereginde aylanadı. Planetalar o'zlerinin' sferalarına bekitilgen bolıp, olardıń ren'leri sferalardıń ren'lerine sa'ykes keledi. Platon sferalardıń Jerdin' do'geriginde aylanıp tezlikleri haqqında da pikirler ju'rıttı. Onın' ta'limatı boyınsha aspan denelerinin' Jerdin' do'geregindegi qozg'alısı shen'ber ta'rizli, ten' o'lshepli boladı.

Platonnin' ta'limatın onın' oqıwshısı Aristotel (bizin' eramızdan burıng'ı 384-322 jıllar) rawajlandırıdı. Onın' pikiri boyınsha barlıq awır deneler A'lemnin' orayı bolg'an jerge tartıladı. Jerdin' betinde suw, onın' u'stinde hawa, al hawadan da joqarıda ot jaylasadı. Ottan da joqarıda efir dep atalıwshı ortalıq bolıp, barlıq aspan deneleri (sonın' ishinde Quyashtı ta) sol efirden turadı. Aristoteldin' pikiri boyınsha Quyasht ot emes, al efirdin' u'iken jıyındısı. Kometalar (quyırqlı juldızlar) tek g'ana o'tip ketiwshi qubılıslar bolıp, olar atmosferada payda boladı ha'm joq bolıp ketedi. Haqıyqatında da ha'zirgi ko'z-qaras boyınsha ko'pshilik kometalar o'tkinshi kosmoslıq deneler bolıp tabıladı. Olardıń tek g'ana ayırımları Quyashtın' do'gereginde astronomiyalıq masshtablar boyınsha qısqa waqt ishinde (millionlag'an jıllar) ellips ta'rizli orbita boyınsha ju'zlegen, min'lag'an ret aylanbalı qozg'alıs jasap o'mirin tamam etedi (mısalı belgili Galley kometası). Qalg'anları Quyashtan 10-30 mlrd km qashıqlıqta (Oort kometalar qorı) dep atalatug'ın temperaturası og'ada to'men sferalıq ken'islikte muzlatqısha saqlanıp atırg'anday bolıp Quyasht sisteması menen birlikte jasadı. A'lbette, Aristotel zamanı ushın bunday jag'daylardı biliw mumkinshiligi joq edi.

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'iken a'hmiyetke iye boldı. Bul iste grek matematigi ha'm astronomı Eratosfen (bizin' eramızg'a shekemgi 276-194 jıllar) u'iken 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'ının o'lshep bildi. Asuan menen Aleksandriyanın' ara qashıqlıg'ının' 5000 Egipet stadiyasına ten' ekenligin esapqa ala otırıp Era-

tosfen Jer sharının' radiusının' 6290 km ekenliginaptı (ha'zirgi astronomiya boyınsha ekvator-dag'ı radius 6378,39 km)⁴⁹.

Planetaların' ko'rinerlik qozg'alısların tu'sindiriwdin' qıyınlg'ınan Aristotelge aspan denerin ornalastırıw ushın jan'a sferalar za'ru'r boldı. Sonlıqtan da sferaların' sanın ol 55 ke jetkerdi. Astronomiya xrustaldan islengen mo'ldir sferalar haqqındag'ı naduris tu'sinik penen a'dewir quramalastı.

Astronomiya tariyxı menen qızıg'atug'ın adamların' derlik barlg'ında "Nelikten a'yyemgi grekler, orta a'sirlerdegi İslam ma'mleketlerinin' ilimpazları, Ullı Beruniy, Ulug'bekler astronomiya ilimindegi bilimlerinin' da'rejesine, qollang'an izertlew usıllarının' da'lliginin' jetkilikli bolıwına qaramay du'nyanın' orayına Jerdi ornalastırdı?" degen ta'biyg'ıy soraw payda boladı. Tariyxıy dereklerge su'yenetug'ın bolsaq bul jerde dinnin' u'lken rolinin' bolg'anlg'ın ko'remiz. Diniy fanatizm ha'm sonnan kelip shıg'atug'ın Jer du'nyanın' orayı degen tu'sinik astronomlarg'a bizin' eramızdın' XVI a'sirine shekem Jerdin' A'lemde tutqan ornı, onın' Quyashtın' do'geresinde aylanatug'ınlg'ı (bunday sistemanı geliooraylıq aytıwıg'a mumkinshilik bermedi. Sonlıqtan Jerdi du'nyanın' orayı dep kelgen ko'z-qarastı biykarlaw ilimde revolyutsiyalıq a'hmiyetke iye. İlimdegi bunday revolyutsıyanı Polsha ilimpazı ullı Nikolay Kopernik XVI a'sirdin' birinshi yarımında isledi.

Aspan denelerine shekemgi aralıqlardı esaplaw ma'selesini menen en' da'slep grek ilimpazı Aristarx Samoskiy (bizin' eramızdan buring'ı shama menen 310-250 jıllar) shug'ıllandı. Ol birinshiler qatarında Jer menen Ay arasındag'ı qashıqlıqtı esapladı. Aristarx esaplawlarınin' tiykarında to'mendegidey na'tiyjeler kirdi: Ayg'a jaqınlıq Quyashtı ta'repinen tu'sedi. Jer Ayg'a salıstırg'anda nuqta ha'm oray bolıp tabıladı. Ay tuwılg'annan 14 ku'n o'tkennen keyingi onın' qaran'g'ı ha'm jaqtı bo'limlerin bo'lip turatug'ın sızıq bizin' ko'zimiz arqalı o'tetug'ın tegislikte jatadı. Jerdin' sayasına eki Aydı jayg'astırıwıg'a boladı. Na'tiyjede Aristarxta Aydı radiusı ushın Jerdin' radiusınan shama menen eki esedey kem shama alındı. Bul baqlawlar tiykarında Aspan denelerinin' o'lsheimleri ushın aling'an da'slepki na'tiyjelerdin' bir edi.

Grek ilimpazlarınin' ishindegi din ta'repinen en' u'lken ja'bir ko'rgen adam Aristarx Samoskiy bolıp tabıladı. Ol birinshi bolıp du'nyanın' orayına Quyashtı ornalastırdı ha'm sonın' na'tiyjesinde o'zinin' zamanlasları ta'repinen "esi onsha durıs emesler" qatarına shıg'arılardı. Basqa astronomlar ta'repinen Aristarxtın' ideyası esapqa alınbadı ha'm umıtılıp ketti. Aristarxtın' du'nyanın' orayına Quyashtı qoyıw haqqındag'ı ta'limatı bizge Arximedtin' "Qumnın' tu'yirlerin esaplaw" miynetinen ma'lim boldı.

A'yemgi grek ilimpazlarınin' ishinde astronomıyanın' rawajlanıwına salmaqlı u'les qosqanlarınin' biri Arximed (bizin' eramızdan buring'ı 287-212 jıllar) bolıp tabıladı. Ol Sitsiliyada tuwılg'an, Aleksandriyada oqıdı ha'm sol jerde Eratosfen menen tanıstı. Arximed baqlawları ha'm sol waqtqa shekemgi astronomiyalıq bilimler tiykarında du'nyanın' orayı Jer bolg'an geo-geliooraylıq sistemasın islep shıqtı. Bul sistema Merkuriy, Venera ha'm Mars Quyashtın' do'geresinde, al Quyashtı solar menen birge, Yupiter ha'm Saturn Jerdin' do'geresinde aylanadı. Usı ayıl'g'anlar menen qatar Merkuriydin', Veneranın' ha'm Marstın' salıstırılmalı radiusları haqıyqıy ma'nislerine jaqsı sa'ykes keledi.

Biz joqarıda astronomiya ilimindegi o'lshewlerdin' da'lliginin' bizin' eramızdın' basına shekem a'stelik penen jaqsılang'anlg'ın ko'remiz. Ha'zirgi waqıtları astronomıyanı Gipparxtan (bizin' eramızdan buring'ı 185-125 jıllar) baslap «da'l ilimge» aylandı dep esaplaw qabil etilgen. (Tilekke qarsı bizlerdin' ko'pshiligimiz "da'l" yamasa "da'l emes" ilim degen qolaysız ha'm ko'p uzamay joq bolıp ketetug'ın tu'sinikke u'yengenbiz. İlimnin' "da'lligin" sol ilim menen shug'ıllanıwshı adam jaqsı biledi. Na'tiyjeleri haqıyqatlıqqa sa'ykes kelmey qala beretug'ın "da'l emes ilimler" den bas tartatug'ın waqıtlar a'lle qashan aq keldi). Gipparx birinshilerden bolıp sistemalı tu'rde astronomiyalıq baqlawlar ju'rgizdi ha'm aling'an na'tiyjelerdi matematikalıq jaqtan teren' talıqlaw jasadı. Ol Quyashtı penen Aydı qozg'alıs teoriyasın du'zdi,

⁴⁹ Belgili astrofizik Stiven Xokinnin' tástıyıqlawı boyınsha 1 stadiyanın' (stadiyın') nege ten' ekenligi anıq belgili emes.

Quyash penen Aydın' tutılıwların' waqıtın anıqlaw usılın taptı ha'm sferalıq astronomiyanın', trigonometriyanın' tiykarların du'zdi.

Gipparx Turktsiyada tuwıldı, Aleksandriyada oqıdı ha'm jasadı, Rodos atawında observatoriya saldı ha'm o'zinin' baqlawların o'tkerdi. Ol birinshi ret juldızlıq jıl (Jerdin' belgilengen juldızdın' tusınan eki o'tiwi arasındag'ı waqıt) ha'm tropikalıq jıldın' uzınlıg'ı 365 ku'n 5 saat 55 minut 16 sekund ayırmasın taptı ha'm onın' protsessiyanın' sebebi ekenligin tu'sindirdi. Gipparx boyınsha tropikalıq jıldın' uzınlıg'ı 365 ku'n 5 saat 55t minut 16 sekund ha'm juldızlıq jıldan 20 minutqa kem. Ha'zirgi musulmansha dep atalatug'ın aydın' uzınlıg'ı Gipparxta 29 ku'n 12 saat 44 minut, 2,5 sekund bolıp shıqtı. Bul ha'zirgi waqıttag'ı qabıl etilgen ma'nisinen 0,3 sekundtqa kem. Gipparxt ku'nnin' ha'm aydın' ko'zge ko'rinbeytug'ın qozg'alısların' ten' o'lshewli emes ekenligin anıqladı ha'm qubılıstı olardıń orbitaları orayın' Jerdin' orayı menen sa'ykes kelmegenliginen dep tu'sindirdi. Usı tiykarda ol Quyash penen Aydın' jıldın' qa'legen waqıtındag'ı aspadag'ı ornın anıqlawg'a mu'mkinshilik beretug'ın aspadag'ı ornın anıqlawg'a mu'mkinshilik beretug'ın keste islep shıqtı. Al planetalardıń qozg'alısı jo'ninde Gipparx hesh na'rse islemedi. Gipparxtın' miynetlerinin' na'tiyjesinde astronomlar aspadı orap turatug'ın planetalar ha'm juldızlar bekitilgen sferalar haqqındag'ı durıs emes pikirden qutıldı.

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 jetti. 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 astronomların' 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 jariq ko'rdi (Moskva. «Nauka» baspası. 1998. 672 bet)

"Almagest" tin' avtordın' o'mirbayanı haqqında mag'lumatlar ju'da' kem. Tek g'ana onın' Egipette tuwılğ'anı, 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.

Klavdiy Ptolomey du'nyanın' georaylıq sisteması tiykarında o'zinin' astronomiyalıq izeretlewlerin ju'rgizdi. Ol o'zinen buring'ı astronomlardan u'lken miyras aldı, bizin' eramızg'a shekem astronomiyalıq a'spalar (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. Epitsikldın' orayı o'z gezeginde deferent dep atalatug'ın u'lken shen'berdin' boyı boyınsha qozg'aladı. Usınday jollar menen Ptolomey planetalardıń Jerden qarag'anda baqlanatug'ın quramalı qozg'alısların tu'sindirdi.

"Almagest" tin' jetinshi ha'm segizinshi kitaplarında bizin' ku'nlerimizge shekem jetken en' a'yyemgi juldızlar kestesı keltirilgen. Bul kestede ha'rqanday dereklerge su'yenip 1022 den 1030 g'a shekem juldızdın' diziminen turadı dep aytıw mumkin. Egerde kestede keltirilgen barlıq juldızdı sanasan'ız 1027 kelip shıg'adı. Biraq solardıń 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 Ptolomeydin' juldızlar kestesinde 1017 juldız bar dep anıq ayta alamız.

Ptolomey kestesindegi juldızlardın' ko'pshiligi joqarıda ayılğ'an Gipparx baqladı. Sonlıqtan kestenin' tiykarg'ı avtorı retinde Gipparxtı qabıl etiwimiz kerek. Ekinshiden, Ptolomey o'zi baqlag'an juldızlardın' koordinataların o'lshegende tiykarg'ı salıstırıw ushın qabıl etilgen juldızdın' koordinataları retinde qa'te sanlardı qabıl etti. U'shinshiden, Ptolomey Gipparx ta'repinen anıqlang'an juldızlardın' uzınlıq koordinatasına pretsessiya qubılısına kirgiziletug'ın du'zetiw retinde tiykersız 1 mu'yeshlik gradustan qosıp shıqtı. Bul astronomiya tariyxında islengen u'lken jinayat edi. Bunday qa'telikler birinshi ret Ptolomey ta'limatı boyınsha 509-jılı 17-iyul ku'ni baqlanıwı kerek bolg'an Mars penen Yupiterdin' bir-birinin' artına jaylasıwının' 13-iyul ku'ni

baqlang'anlig'ınan tabıldı. Biraq usınday jag'daylarg'a qaramay Ptolomeydin' abıroyının' sebebinen mın'lag'an jıllar dawamında "Almagest" te keltirilgen sanlar durıs dep qabıl etilip keldi.

Qalay degen menen K.Ptolomey o'zinin' "Almagesti" menen astronomiya tariyxında u'iken estelik qaldırdı. A'dillik ushın adamzat tariyxında ta'biyattanıw boyınsha shıqqan en' a'hmiyetli eki-u'sh miynetin' ishindegi 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'iken zıyanın tiygizdi.

Astronomiyanın' bunnan bılay rawajlanıwı Arab ellerine ha'm Oraylıq Aziyag'a o'tti.

Arablar VII a'sirden baslap a'tırapındag'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 arablar ta'repinen Xorezm bag'ındırdı. Da'slepki waqıtları basıp aling'an xalıqlardıń 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. IX a'sirde arab tiline Aristotelin' ha'm basqa da a'yyemgi grek ilimpazlarının', sonın' ishinde Ptolomeydin' "Almagesti" arab tiline awdarıldı.

Ko'p uzamay musılman ellerinde u'iken observatoriyalarda ju'rgizilgen baqlawlar tiykarında du'zilgen "Zidjalar" dep atalatug'ın astronomiyalıq kesteler payda boldı. Bul kesteler boyınsha planetalardıń aspadag'ı qa'legen waqıttag'ı awhalın anıqlaw mumkin. A'lbette bul awhaldı anıqlaw Zidjada keltirilgen 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.

Bagdad observatoriyasının' ilimpazlarının' en' baslıların Oraylıq Aziyadan shıqqan astronomlar Axmed al-Fergani, Muxammed-bin-Musa, Al-Xorezmi, Abbas-bin-Said al-Jawxari, Axmed-bin-Abdulla al-Mervaziler quradı.

IX-a'sirde ha'zirgi Ferg'ana ha'liyatinın' aymag'ında tuwılg'an Axmed bin-Muxammed al-Ferg'ani ullı matematik ha'm astronom retinde atın tariyxta qaldırdı (Evropada Alfraganus atı menen belgili). Onın' "Astronomiyanın' baslaması" miyneti sol waqıttag'ı astronomiya boyınsha en' aldın'g'ı qatardag'ı kitap bolıp astronomiyalıq entsiklopediyanın' ornın iyeledi. A'l-Ferganidin' kitabı latin ha'm a'yyemgi evrey tillerine awdarılıp XV a'sirdin' ortasında Evropada ken'nen belgili boldı.

A'l-Fergani o'zinin' baqlawlarında Ptolomey ta'repinen jiberilgen qa'teliklerdi asha aldı ha'm og'an sın ko'z benen qaradı.

Xorezm jerinde ullı ilimpaz, algerbranın' tiykarın salıwshı Muxammed bin-Musa al-Xorezmi (787-850 jıllar) kamalg'a keldi. Onın' "Kitab al-muxta sar fi hisab al-jabr va-l mukabala" kitabında algebranın' ha'm ha'zirgi zamanda ken'nen paydalanılıp atırg'an algoritmler du'ziwdin' tiykarları bayanlandı. Al-Xorezmiy o'zinin' Bagdad observatoriyasında ju'rgizgen baqlawları tiykarında 200 jıl dawamında ken'nen paydalanıl'g'an jan'a Zidj du'zdi. Bul kitaplardıń barlıg'ı o'z waqtında arab, latin tillerine awdarıldı ha'm ko'plegen ilimpazlardın' oqıw quralına aylandı.

Orta a'sirlerdin' ko'rnekli ilimpazı Al-Battani (850-929) o'zinin' Damask observatoriyasında ju'rgizgen baqlawları tiykarında Gipparx penen Ptolomeydin' astronomiyalıq esaplawların durısladı. Ol "Sabey kesteleri" dep atalatug'ın zidjdın' avtorı, 880-jılı Al-Battani Aydın', keyinirek Quyashtın' mu'yeshlik diametrlerin, 890-jılı ekleptika tegisligi menen ekvator tegisligi arasındag'ı mu'yeshiti (23 gradus 35 minut 14 sekund, qa'telik 17 sekundtı quraydı) anıqladı.

Joqarıda atı ayıl'g'ınlardan basqa Oraylıq Aziya ilimpazlarınan Xorasanda tuwılg'an Abu-l-Vafanı (940-998), onın' oqıwshısı, Kair observatoriyasında islegen ha'm "Gakemit kestelerinin'" avtorı ibn-Yunustı (İbn-Yunus Aliy ibn Axmed, 950-1009) ko'rsetiwge boladı.

İbn-Yunus 1008-jılı o'zinin' "Az-ziy al-Kabir al-Hakimiy" kitabında Ptolomey kestelerinde keltirilgan juldızlar menen planetalardın' koordinatlarının' İslam ma'mleketlerinin' astronomları ta'repinen aling'an koordinatalarg'a sa'ykes kelmeytug'unın, al Gipparx kestelerinin' haqıyqatlıqqa jaqın ekenligin atap ko'rsetti.

Astronomiya, matematika ha'm ta'biyattanıwdın' basqa da tarawları Oraylıq Aziyada A'biw Rayxan Muxammed ibn Axmed al-Beruniydin' (973-1048) ha'm Omar ibn İbragim al-Hayyamidin' (Omar Hayyam, 1017-1123) jumıslarında ken'nen rawajlandı.

A'l-Beruniy 16 jasınan baslap astronomiyalıq baqlawlar ju'rgizdi, 21 jasında o'zi sog'ıp alg'an muyesh o'lsheytug'in a'sbaptin' ja'rdeminde ekleptikanın' ekvatorg'a en'keyiwin u'lken da'llikte anıqladı. Bir jıldan keyin A'l-Beruniy diametri 5 metrge ten' Jer ekvatorının' arqa tamanına sa'ykes keletug'in yarım globustı soqtı.

995-jılı tu'slik Xorezm arqa Xorezm (xorezmshax al-Mamun) ta'repinen basıp aling'anlıqtan A'l-Beruniy Tegerannın' a'tirapında 1004-jılǵ'a shekem jasadı. Usı jılı ol Xorezmnin' jan'a paytaxtı Gurgandjg'a qayıp keldi ha'm ilimiy islerin jedel tu'rde rawajlandırıdı. 1017-jıldan baslap Xorezm Muxammed Gaznawiydin' qol astına o'tti ha'm A'l-Beruniy jan'a ma'mleketin' paytaxtı Gazna qalasına ma'jbu'riy tu'rde ko'shti. A'l-Beruniydin' qalg'an o'mirinin' ko'pshiligi usı qaladı o'tti.

A'l-Beruniydin' miynetlerinin' sanı 150 ge jetedi ha'm olar sol waqıtlardag'ı ilimnin' ha'mme tarawların da o'z ishine qamtıydı. Biraq orta a'sir ilimpazlarının' tiykarg'ı iskerligi matematika menen astronomiyanı rawajlandırıwg'a bag'darlang'an.

İndiyada ju'rip A'l-Beruniy Jerdin' radiusın o'lsheidi ha'm 6613 km na'tiyjesin aldı (Eratosthenin' na'tiyjelerin eske tu'siremez). O'zinin' astronomiyalıq baqlawlarının' na'tiyjeleri tiykarında ol 1031-1037 jılları en' tiykarg'ı bolg'an "Mas'ud qanoni" miynetin jazdı. Aradan 200 jıl o'tkennen keyin belgili arab geografi Yakut "Mas'ud qanonının" jer betindegi matematika ha'm astronomiya boyınsha barlıq kitaplardı almasırg'anlıg'ın ha'm avtordın' a'hmiyeti Ptolomeyde asıp ketkenligin atap o'tti.

1973-jılı YuNESKO nın' sheshimi menen du'nya ju'zinin' ja'miyetshiligi A'l-Beruniydin' mın' jıllıg'ın belgiledi ha'm usıg'an baylanışlı "Fan" baspası onın' ko'p tomliq tan'lamalı shıg'armaların basıp shıg'ardı.

A'l-Beruniyden Ulug'bekke shekemgi astronomiyada u'lken orın alg'an ilimpaz Omar-Hayyam bolıp tabıladı. Seljuklar sultanının' astronomı sıpatında ol basqarg'an komissiya 1074-jılı tiykarında 33 jıldı alıw menen Quyash kalendarın tu'pten qayta isledi. Kalendarda jıldın' ortasha uzınlıg'ı 365,2422 sutka bolıp 4500 jıl dawamında 1 sutkag'a qa'telik beredi. Demek bul kalendar ha'zirgi qabıl etilgen kalendardan a'dewir da'llirek bolıp tabıladı.

Omar-Hayyam İsfahan qalasındag'ı astronomiyalıq observatoriyag'a basshılıq etti. Tariyxta "Malikanın' jıl sanawı" dep atalatug'ın kalendarlıq reformanın' en'giziliwi bul observatoriyanın' en' a'hmiyetli na'tiyjelerinin' biri bolıp tabıladı.

XIII a'sirden baslar Oraylıq Aziya ha'm basqa da ma'mleketlerge Mongol tatarlarının' basıp alıwshılıq shabıwlı baslandı. Na'tiyjede bul ellerde shama menen 150 jılday waqıt ishinde ilimnin' rawajlanıwının' barısı biraz to'menledi.

XIII a'sirge shekem astronomiya iliminde tiykarınan to'mendegiler belgili ha'm qabıl etilgen edi:

1. Jerdin' shar ta'rizli ekenligi ha'm onın' o'lsheimleri.
2. Planetalardın' shama menen aling'an o'lsheimleri ha'm olarg'a shekemgi aralıq, A'lemnin' orayı retinde Jer qabıl etildi.
3. Jıldın', aydın' uzınlıqları, ekleptika tegisligi menen ekvator tegisligi arasındag'ı mu'yesh. Shama menen 1020 day juldızdın' aspan sferasındag'ı koordinataları. Juldızlar kestelerinin' ulıwma sanı 50 den astı. Planetalardın', ko'zge ko'rinetug'ın barlıq juldızlar toparının' atamaları da joqarıda so'z etilgen waqıtları qabıl etildi.
4. Astronomiya ilimi tiykarınan waqıttı, geografiyalıq orındı anıqlaw ushın xızmet etti. Astrologiyadag'ı (juldızlar menen planetalardın' aspandag'ı jaylasıwlarına qarap ta'g'dirdi, bas-

lang'an istin' sa'tli yamasa sa'tsiz bolıwın, bolajaqtı anıqlaw) a'hmiyeti astronomiyanın' rawajlanıwın, din menen bolg'an jaqsı qatnasın ta'miynledi.

Astronomiya iliminin' bunnan bılayg'ı rawajlanıwı bizin' jerlesimiz Ulug'bektin' atı menen tikkeley baylanıslı.

II. ULUG'BEK HA'M ONIN' ASTRONOMIYA MENEN MATEMATIKAG'A QOSQAN U'LESİ

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 taypalardıń basshıları menen dushpansılıg'ın ku'sheytti. Usınday jaqdaylarg'a baylanıslı 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 Shin'g'ısxannın' urpaqlarınan emes. Sonlıqtan da, joqarıda atı keltirilgen adamlardıń ma'mleket basına keliwin mongol tatarlarınan 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 baylanıslı. 1362-jılı mongol xanı Tuluk-Timur Maverennaxrdı qayta basıp alıw maqse-tinde shabıwıl jasadı. Bolajaq a'mir Timurdın' birinshi sa'tli a'skeriy xızmetleri baslandı ha'm ol Shaxrisabz benen Qarshının' ha'kimi etip taynlandı. 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'deniyatlarınan' elementleri bar, tu'rk-mongol a'skeriy du'zimge iye ma'mleket edi. Altın ordanı qıyratıwı. Írang'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' me-nen birge Maverennaxrdın' paytaxtının' ekonomikalıq ha'm ma'deniy turmısına İndiya, Qıtay, İran, Shig'ıs Evropa menen bolg'an tig'ız qatnas a'dewir unamlı ta'sirin jasadı.

Ulug'bek (Timurdın' balası Shaxruxın' ulı) 1394-jılı 22-mart ekshembi) ku'ni Sultaniyada Timurdın' Írang'a ha'm Kishi Aziyag'a bolg'an ekinshi bes jıllıq shabıwılı waqtında tuwıldı. Ba-lag'a Muxammed Taraqay atı qoyıldı (Taraqay Timurdın' a'kesinin' atı). Kishkene waqtınan baslap bolajaq ilimpaz a'mir Timurdın' u'lken hayalı Saray-Mu'lik xanımına ta'rbiyag'a berile-di. Ulug'bek 1405-jılı 18-fevral ku'ni Timur qaytı bolg'ang'a shekem derlik barlıq waqıtları atası ju'rgizgen shabıwıllarda birge alıp ju'riledi, a'mirdin' shet el elshilerin qabıllaw saltanatlarına qatnastı. Biraz jıllardan keyin Tarag'ay kem-kemnen Ulug'bek (Mırza Ulug'bek) atı menen almasıdırıldı.

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 xanı da, 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 jumis isledi. Joqarıda keltirilgen Platonın', Aristotel, Gipparx, Ptolomey, al-

Ferganiy, A'l-Beruniy, A'biw-A'liy ibn-Sino, al-Xorezmiy ha'm Omar Hayyamnıń jumisları menen tanıstı.

1417-jılı Ulug'bek Samarqandta medrese salıwdı basladı. Bul qurılıs u'sh jılǵa pitti. Medresenin' oqıtıwshılardıń 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 oqıtılǵan.

Maverennaxrdın' 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 tarqatıwǵa u'les qosqan Maryam Shalabiydi atap o'temiz.

Geypara tariyxıy derekler boyınsha Ulug'bektin' 1417-jılı astronomiyalıq baqlawlar ju'rgiziw ushin observatoriya salıwǵa bag'ishlang'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'ın ta'jiriybeli matematiklerdi, geometrlerdi, astronomlardı, qurılısshılardı shaqırdı. Ken'este sol waqıttın' Platonı Salxutdin-Muwsa Qazızada, sol waqıttın' Ptolomeyi A'liy Qusshı, G'iyas-ad-din Jamshid, Muwin-ad-din ... ler qatnastı" (keyinge ekewi basqa jerlerden shaqırılǵan). 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 observatoriyada islenetug'ın izertlew jumislarının' za'ru'rigin de atap ko'rsetken. Usı jerde Orta a'sirlerdegi Oraylıq Aziya xalıqlarının' ilimpazlarında o'zlerinen burıng'ı oyshılar qaldırǵan miyraslarǵa u'iken hu'rmet penen qaraw, miynetlerinde o'zlerinen burıng'ılardıń isenimli etip tekserilgen na'tiyjelerin keltiriw da'stu'rlerinin' bar bolg'anlıǵın aytıp o'tkenimiz orınlı boladı.

1417-jılǵı ken'este astronomiyalıq observatoriyanın' qurılıwının', onın' qanday bolıwının' kerekli ekenligi haqqındag'ı ma'seleler sheshilgen. Usı sheshim boyınsha observatoriyada sol waqıtlardag'ı en' da'l o'lshepler ju'rgiziliwinin' kerekligi, bunday o'lshepler jumislarının' a'sirler dawamında alıp barılıwının' za'ru'righi moyınlang'an. Tariyxıy derekler observatoriyanın' da u'sh jılǵa pitkerilgenligin aytadı.

Joqarıda keltirilgen misallardıń barlıǵı da Ulug'bektin' ilimdegi jalǵız izertlewshi bolmag'anın, al onın' o'zinin' a'tırapına ko'plegen ilimpazlardı toplaǵanın, 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 jumislardıń 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 baylanıslı kelip shıqqan ha'm onın' zamanlasları ta'repinen geyde Ulug'bek Quraqoniy dep te atalg'an). Jigirmalag'an jıl ishinde ju'rgizilgen baqlawlardın' 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 greklerdin', siriyalıqlardıń persiyalıqlardıń, Qıtay xalıqlarının', uyqurlardıń kalendarı, jıl, ay ha'm olardıń bo'limleri haqqında teren mag'lıwmatlar berilgen. Tekst Shıǵ'ıs ilimpazları ta'repinen alıng'an na'tiyjelerdi basqa astronomlardın' an'sat qollana alıwı ushin ko'psanlı kesteler menen bayıtılǵan. 22 bapta turatug'ın ekinshi bo'limi astronomiya iliminin' usılların ta'riyplewge bag'ishlang'an. U'shinshi

bo'limnin' 13 babi Quyashnin', Aydin' ha'm planetalardin' aspan sfferasinda aniqlaw usilların bayanlaydı. Qalg'an eki bap Quyash penen Aydin' tutılıwların o'z ishine aladı.

Kirisiwdin' keyingi 4-bo'limi astrologiyag'a bag'ishlanıp aspan denelerinin' jaylasıwlarının' adam ta'g'dirine ta'sirin tiykarlawdı qamtıydı. Usı jerde astrologiyalıq ma'selelerdi sheshiwdin' Ulug'bek ha'm onın' zamanlasları ushın en' tiykarǵı ma'selelerdin' biri bolg'anın an'g'arımız kerek.

Ulug'bektin' ju'rgizgen ilimiy jumıslarının' dinge qayshı kelmegenligin de aytıp o'tiwimiz kerek. Bul haqqında joqarıda atı keltirilgen ibn-Yunus 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. Quyash, Ay tutılǵanda qudayg'a o'z waqtında sıyınw ushın qashan tutılıw bolatug'ınlg'ın aldın-ala biliw kerek. Bunday izertlewler namaz og'ılg'anda adam ju'zin qaratıp turıw ushın Qa'banın' qaysı ta'repte ekenligin biliw ushın za'ru'rli...".

Ulug'bektin' kestelerinde astronomiyanın' tiykarǵı turaqlıları berilgen. Ma'selen Ulug'bek boyınsha juldızlıq jıldın' uzınlıǵı 365 ku'n 6 saat 10 minut 8 sekund (ha'zirgi ku'nleri qabil etilgen ma'nisinen 1 minut 2 sekundqa ko'p). Ulug'bek boyınsha Saturn planetası jılına 12 gradus 13 minut 39 sekundqa awısadı (ha'zir qabil etilgeninen 3 sekundqa artıq). Bunday masıllardı ko'plep keltiriw mu'mkin. Olardın' barlıǵı 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 kestegin du'ziwdegi Gipparxan keyingi astronom bolıp tabıladı. Bul keste 1018 juldızdı o'z ishine aladı. Solardın' 900 inin' uzınlıǵı (dolgota) ha'm 878 inin' ken'likleri (shirota) Ulug'bek observatoriyasında o'lshegen (solardın' ishinde 700 juldızdın' eki astronomiyalıq koordinatası bolg'an uzınlıq ha'm ken'lik observatoriya xızmetkerleri ta'repinen tolıq qayta o'lshegen). Qalg'an juldızlardın' uzınlıqları ha'm ken'likleri sol waqtqa shekem belgili bolg'an kestelerde ko'rsetilgen juldızlardın' uzınlıqları menen ken'liklerine du'zetiwler kirgiziw jolı menen paydalanılǵan. Ulug'bek ushın A'bdiraxman Sufiydin' juldız kestesi tiykarǵı bolıp tabıldı. O'z gezeginde bul kestedegi na'tiyjelerdin' basım ko'pshiligi Ptolomey kestesinde bar bolıp shıqtı. Ulug'bek kesteleri da'lligi jag'ınan sol waqtqa shekemgi en' da'l bolg'an Gipparx kestelerinin' da'lliginen joqarı turıp Tixo Brage (1546-1601) zamanına shekem birinshilikti qoldan bermedi⁵⁰.

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' sinusların' keltirilgenligin, al sekundlardın' sinusların' interpolyatsiyanın' ja'rdeminde esaplawdın' mu'mkinligin jazadı. "Sinuslardın' ha'm sayalardın' (tangensler menen kotangensler) kestegin esaplaw, - dep jazdı Ulug'bek, - usı waqtqa 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 esaplawshılardı qatnasqanın ayıw 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 qabil 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 revolyutsiyalıq pikirler ayıwǵa mu'mkinshilik bermedi. Biraq qalay degen menen Ulug'bek kestelerin, onın' menen birge islesken ilimpazlardın' miynetlerin oqıǵanımızda du'nyanın' orayındag'ı Jerdi Quyash penen almasırǵanda da sezilerliktey o'zgerislerdin' bolmaytug'ınlg'ı haqqında pikirlerdi tabamız. Ma'selen, joqarıda ayılǵan Qazızada o'zinin' "Sharx Jagmini" shıǵ'armasında "... ayırım ilimpazlar Quyashtı planetalardin' orbitalarının' ortasında jaylasqan dep esaplaydı. A'sterek qozǵalatug'ın planeta Quyashtan u'ikenirek qashıqlıqta turadı". Usı

⁵⁰ Tixo Brage ta'repinen alıng'an da'l na'tiyjeler Kepler ta'repinen paydalanılıp, belgili u'sh nızamnın' (Kepler nızamlarının') ashılıwının' sebepshisi boldı.

miynetin' o'zinde bilay da jazılg'an "Jer qozg'almaydı. Onın' orayı A'lemnin' orayına sa'ykes keledi. Usınday gipoteza u'lkenirek itimallıqqa iye. Biraq basqa da gipoteza bar. Qay jerde ornalasqanlıg'ına qaramastan awır dene Jerdin' orayına qarap qozg'alatug'm 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' tezislerine tu'sinikler" miynetinde de tabamız. Joqarıda keltirilgen tariyxıy dereklerin' barlıg'ı da Ulug'bektin' geliooraylıq sistemadan qashıq bolmag'anlıg'ın da'lilleydi.

Zidjdın' du'ziliw barısında Ulug'bektin' en' jaqın ja'rdemshilerinen G'iyas-ad-din Ja'mshid 1429-jılı, Salaxutdin-Muwsa Qazızada 1435-jılı qaytıw 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 oqıtıwshısı, 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 taratıl'gan.

Ulug'bektin' juldızlar kestesi 1665-jılı Oksfordta, 1843-jılı Londonda basıldı. Kestegе kiri-siw Parij qalasında 1853-jılı jarıq ko'rıdı. Al Vashington qalasında Ulug'bek kesteleri boyınsha ju'rgizilgen izertlew jumıslarının' na'tijeleri 1917-jılı baspadan shıqtı.

Ulug'bektin' juldızlar kestesinde keltirilgen astronomıyalıq 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 tıristı.

Haqıyqatında da Ulug'bek qaytıw 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 qıyatıldı. 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 bilay jazadı: "astronomıyalıq baqlawlar ju'rgiziw ushın (qurıl'gan) a'sbaplardı tekserip ha'm jetilistirilip bolg'annan keyin (Ulug'bek) kestelerdi du'ziw haqqında buyırıq berdi... Bina bekkem etip salıng'an edi... (İlimpazlar) jıynalıwı 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 ayrılatug'm Quyashtın' ha'm juldızlardın' qozg'alıslarının' kestesinin' du'ziliwi baslandı".

XV a'sirdin' aqırının' tariyxshısı Mirxond bilay jazadı: "Sonın' menen birge sheber ustalardıń observatoriyanın' qurılısına kirisıwı ushın ullı buyırıq shıqarıldı. Bul iske astronomıya iliminin' su'yenishi, ekinshi Ptolomey G'iyasaddin Jamshid ha'm ilimdi o'zine sıydırıwshı mırza Nizamaddin al-Qashılar qatnastı. Qurılıs tırıswıların', puxtalıqtın' ha'm taban tirewshiliktin' saldarınan tez arada pittı". Mirxondtın' bul miyneti Alisher Nawayının' usınısı boyınsha jazılg'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" bilay jazadı... "observatoriya u'sh basqıstın (qabattan) turadı. Bul jerde

Ulug'bek ha'zir pu'tkil du'nyada qollanilip atirg'an "Qurag'aniy kestelerin" du'zdi. Basqa kesteler kem qollaniladi... Pu'tkil du'nyada jeti yamasa segiz observatoriya qurilg'an bolsa kerek. Solardın' en' ullısı Ulug'bek observatoriyası bolip tabiladi".

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 ashıladi. 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 qollanilg'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'ikenliktegi jaydı saldırg'anlıg'ı haqqındag'ı da'slepki maqlıwmatlardı beredi.

Arxitektor-arxeologlardın' tastıyqlawı boyınsha Ulug'bek observatoriyası tsilindr ta'rizli bolıp onın' tırnag'ının' diametri 48-50 metrge, biyikligi 29 metrge ten' bolg'an. Observatoriya g'a ornatilg'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'itlang'an bolıp, onın' ja'rdeminde Quyashtın', Aydın', planetalardın', 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 alımınnı' 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 Quyashtın' jaylasqan dep esaplaytug'ın geliooraylı astronomiya g'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.

III. A'LEMGE HA'ZIRGI ZAMANDAG'I KO'Z-QARAS

Bizin' a'sirimizge kelip astronomiyanın' rawajlanıwı en' joqarı basqışqa mindi. Astronomiyalıq kesteler du'ziw mashqalaları tolıq sheshilip bolındı. Planetaların' Quyashtın' do'gereginde aylanıw nızamları orta a'sirlerde baqlanilip ju'rgen aspan qubılıslarının' ba'rin a'piwayı tu'rde tu'sindirip bere aldı. Na'tiyjede Ptolemeydin' deferenti menen epitsiklları tolıq saplastırıldı. Astronomiyalardın' qolında ha'r qıylı teleskoplar astronomiyanın' qu'diretli matematikalıq apparatı boldı. Usılarg'a baylanıslı bizin' a'sirimizdin' en' ullı ilimpazlarınnı' biri Albert Eynshteyn bılay jazdı: "Bizler ta'biyattın' qalay du'zilgenin bilip g'ana qoymay, ta'biyat nelikten basqasha emes, al tap usınday bolıp jaratılğ'anın biliwge qaratılğ'an, sırttan qarag'anda a'dewir turpayı, mumkin utopiyalıq ha'm ma'rtlershe qoyılğ'an sorawg'a juwap bergimiz keledi". Danışpan fiziktin' bul so'zlerinin' durıslıg'ın bizin' turmısımız ayqın da'lilleydi.

Bizler ha'zirgi ku'nleri Quyashtın' sistemasının' qurılısın jaqsı bilemiz. Bizin' Quyashtın' do'gereginde 8 planeta, ko'p sandag'ı asteroidlar, kometalar, basqa da aspan deneleri aylanadı. Ha'zirgi waqıtlardag'ı ilim boyınsha Quyashtın' sisteması diametri shama menen 20 mlrd kilometrge ten' zag'aranın' formasına uqsas sistema bolıp tabiladı.

Bizin' Quyashtın' barlıq shamaları boyınsha ortasha bolg'an juldız bolıp tabiladı. Quyashtın' en' jaqın qon'sısı Proksima dep atalatug'ın juldız bolıp onnan shıqqan jaqtılıq bizge 4 jıl da jetedi (jaqtılıq nurı 1 sekundta 300 000 km aralıqtı o'tedi). Usınday juldızlar birigip galaktikalardı payda etedi. Spiral ta'rizli bizin' galaktikamızda 150 milliardta juldız bar. Bizge

qon'ısı galaktikalardıń biri Andromeda dumanlıg'ı dep ataladı ha'm onnan shıqqan jaqtılıq Jerge (Quyashqa) shama menen 2,5 mln. jılda kelip jetedi (eger Andromeda galaktikasınıń planetaların' birinde biz jibergen signaldı qabıl etetug'ınlar bar bola qoyg'an jag'dayda biz ta'repinen bu'gin jiberilgen radio signal 2 mln. 500 mın' jıldan keyin qabıl etiledi). Ulıwma alg'anda ilimnin' ha'zirgi na'tiyjeleri boyınsha bizin' A'lemimiz shar ta'rizli bir tekli ha'm izotrop bolıp ol o'z ishine milliardlag'an galaktikanı aladı. A'lemnin' bir shetinen shıqqan jaqtılıq onın' diametri boylap ekinshi shetine 25-30 milliard jılda jetken bolar edi. Ha'zirgi waqıtları A'lemnin' massası haqqında da u'ken itimallıq penen tastıyıqlang'an ilimiy na'tiyjeler bar. Sonın' menen birge bizin' A'lemimizdin' bir tekiligi menen izotroplılıg'ı onın' barlıq bo'limlerinin' (ortasınıń da, shetlerinin' de) qa'siyetlerinin' birdey bolatug'ınlıg'ın bildiredi. Sonlıqtan bizin' A'lemimizdin' jasawshılarının' ba'ri de (eger olar bar bolatug'ın bolsa) o'zlerinin' jasaytug'ın jerinin' qay jerde ekenligin izertlegende A'lemnin' da'l ortası ekenligi haqqında na'tiyje aladı. Bul bizin' A'lemimizdin' en' tiykarg'ı qa'siyetlerinin' biri bolıp tabıladı. Tuyıq ken'isliktin' ishindegi barlıq noqatlar da basqa noqatlarg'a salıstırg'anda orayda jaylasqan bolıp tabılardı. Usı jerde biz Ulug'bek jasag'an zamannan beri A'lemge bolg'an ko'z-qaraslardın' qanshama, bizin' bilimlerimizdin' qalay rawajlang'anlıg'ı haqqında qısqasha ga'p etemiz.

1917-jılı astronomiya iliminde u'ken revolyutsiyalıq isler ju'z berdi. Usı jılı A.Eynshteyn o'zinin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasın pu'tkil A'lem (du'nya) ushın qollandı ha'm bul haqqında onın' «Kosmologiya ha'm ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyası» maqalası baspadan shıqtı. 1917-jılı Eynshteyn A'lemdi statsionar (waqıttın' o'tiwi menen o'zgeriske ushıramaytug'ın), bir tekli ha'm izotrop u'sh o'lsheмли sferalıq bolıp tabılardı dep esapladı. Onın' pikiri boyınsha A'lemnin' o'lsheмлиleri o'zgermewi kerek. Sonlıqtan da bul A'lem waqıt boyınsha sheksiz. O'zinin' salıstırmalıq teoriyasınan bunday ko'z aldımızg'a an'sat tu'rde keltire alg'anday na'tiyjelerdi alıw Eynshteyn ushın an'sat bolmadı. Ma'seleni ko'rsetpeli etip sheshiw ushın a'sirimizdin' belgili ilimpazına a'lemdi qurawshı zatlar o'z-ara iyterisiwi de kerek ha'm sog'an sa'ykes keletug'ın qosımsha lyambda - ag'za dep atalatug'ın shamanı jasalma tu'rde o'zinin' ataqlı ten'lemelerine kirgiziwge tuwra keldi. Usınday etip a'piwayı aqılǵa sa'ykes keltiriw maqsetinde jasalma tu'rdegi sandı oylap tabıw usılı Eynshteyndi durıs joldan shıg'ardı. Onın' statsionar A'lemi bizin' A'lemimizge sa'ykes kelmey shıqtı. 1922-jılı Leningradlı A.A.Fridman teoriyalıq jol menen Eynshteynnin' o'zinin' ulıwmalıq salıstırmalıq teoriyasınıń ten'lemelerin hesh na'rse qospay sheshiw jolı menen, al 1929-jılı Amerika astronomı E.Xabbl aynasınıń diametri 2,5 metr bolg'an teleskopta juldızlardın' spektrlerindeki sıızıqlardıń qızıl ta'repke qaray awısqanlıg'ın u'yreniwdin' barısında biz jasap atırg'an A'lemnin' statsionar emes, al ken'eyip baratırg'anlıg'ın da'lilledi. Da'slepki waqıtları A.Eynshteyn A.Fridmannın' alg'an na'tiyjelerin moyınlamadı ha'm usı ma'selege baylanıslı u'shten bir betten turatug'ın maqalasın ja'riyaladı (1922-jılı). Biraq ko'p uzamay Eynshteynnin' o'zi A.Fridmannın' alg'an na'tiyjelerinin' durıs ekenligin da'lilledi (A.A.Fridman Eynshteyn ten'lemelerin A'lem ushın qollanıw boyınsha 1922- ha'm 1924-jılları shıqqan eki maqala g'ana jazıp u'lgerdi. Ol tif keselinen 1925-jılı 14-sentyabr ku'ni qaytı boldı).

Aradan on jıl o'tkennen keyin (1934-jılı) E.Mili ha'm V.Makkriler bir tekli A'lemdegi galaktikalardıń qozg'alis nızamların anıqlaw ushın salıstırmalıq teoriyasınıń quramalı matematikalıq apparatınıń kereginin' joqlıg'ın, al ma'seleni Nyuton mexikasınıń tiykarında da sheshiwdin' mu'mkin ekenligin ko'rsetti.

A. Eynshteynnin' tiykersiz qosqan lyambda-ag'zasınıń ilimge u'les qosqanlıg'ın da a'dillik ushın ayıp ketiwimiz kerek. Gollandiyalı fizik-teoretik Villem de Sitter 1917-jıldın' o'zinde-aq Eynshteyn teoriyasınıń ten'lemelerin lyambda-ag'zanı qosıw arqalı sheshti ha'm stantsionar tuyıq A'lemnin' ekinshi tu'rinin' (to'rt o'lsheмли ken'isliktegi tsilindrlik A'lemnin') bolıwınıń mu'mkinligin anıqladı. Bul tu'r bizin' A'lemimizdin' en' jas waqıtlarına sa'ykes keldi. Bul waqıtları A'lem bos, onda hesh na'rse de joq edi. Bunday na'tiyje bizin' a'sirimizdin' 30-jılları ko'p astronomlarg'a jaqpadı. Mısalı, Belgiyalı abbat Jorj Lemetr Enshteyn de Sitterlerdin' teoriyaların analizlewın barısında A'lemnin' tu'rlerinin' ko'p bolıwınıń printsiptiallıq jaqtan mu'mkin ekenligin da'lilledi. Solardıń ishindegi birewi Lemetrge ayırıqsha unadı. Bul model

boyınsha A'lemnin' payda bolıwı U'ken partlanıw menen baslanadı. Belgili bir waqıtlar o'tkennen keyin partlanıwdın' saldarınan baslang'an A'lemnin' ken'eyiw kem-kemnen a'stelenedi ha'm belgili bir paytları stantsionarlıq baslanadı. Lemetr boyınsha tap usı waqıtları galaktikalar payda boladı.

Jorj Lemetrdin' na'tiyjeleri ko'rnekli inglis ilimpazı astrofizik Eddington'a (1882-1944) ju'da' unadı. Ha'tte ol joqarıda aytlıg'an Enshteyin modelinin' de statsionar emes ekenligin ko'rsete aldı. Enshteynnin' stantsionar A'lemine bir ta'repten tu'rтки bersen' qısıla baslaydı eken. Demek A'lem haqqında 1917-jılı jan'a na'tiyje ala baslag'anlardın' ba'ri de shınılıqtın' a'trapında ju'rgen degen juwmaq shıg'aramız.

Jorj Lemetr (keyinrek Vatikandag'ı Papanın' ilimler Akademiyasının' Prezidenti) o'zinin' ideyaların ko'p jıllar dawamında u'les tabıs penen rawajlandırıladı ha'm sonlıqtan basqa astronom Fred Xoyldın' usınısı menen onın' teoriyası U'ken partlanıw teoriyası dep atala basladı. Akademik Ya. B. Zeldovishtin' ayıwı boyınsha "Ha'zirgi waqıtları U'ken partlanıw teoriyası sezilerliktey kemshiliklerge iye emes. Jerdin' Quyashtın' do'gereginde aylanatug'inlıg'ı qan-shama da'rejede durıs ha'm isenimli tastıyıqlag'an bolsa U'ken partlanıw teoriyası da tap son-day dep aytar edim". Bul ga'pler 1983-jılga' tiyisli.

Astronomiyanın' U'ken partlanıw teoriyasınan ha'm onın' eksperimentlerdegi tekseriliwini'n en' keyingi na'tiyjeleri boyınsha bizin' A'lemimiz bunnan shama menen 13,7 mlrd jıl burın og'ada u'ken tıg'ızlıqqa iye bolg'an (tıg'ızlıg'ı bir kub santimetrde 1 din' keyinde 83 no'l bar gramm) o'lsheмли atom yadrosının' o'lshemindey bolg'an (radiusı on trillionnan bir sm) mikroskopiyalıq bo'lekshenin' partlanıwı menen tuwıldı. Partlanıw payıtında temperatura ju'da' ko'p joqarı bolg'an. Partlanıwdan keyin temperatura to'men tu'se baslaydı ha'm 1 mlrd graduslarg'a to'menlegende yadrolıq reaksiyalar ju're baslaydı ha' kem-kemnen da'slep atom yadroları, keyinirek atomlardın' o'zleri payda boladı. Usınday joqarı temperaturalardan baslanatug'in izbe-izlikti ilimge kirgizgen adam Georgiy Gamov (1904-1968) boladı (bul ilimpaz Ekinshi Jer ju'zilik urıstan burın SSSR dan AQSh qa qashıp ketken). U'ken partlanıwdan qalg'an izler 1964-jılı amerikalı fizikler A. Panzias ha'm R. Vilson ta'repinen reliktiv nurlar dep atalatug'in nurlardı ashıw menen 1965-jılı tastıyıqlanadı. Bul nurlarg'a sa'ykes keletug'in temperatura Kelvin shkalası boyınsha 2,7 gradusqa ten' bolıp shıqtı. Usı tiykarda bunnan 18 mlrd jıl burın tuwılğ'an bizin' A'lemimiz tutası menen alg'anda ha'zirgi payıtta 2,8 gradusqa shekem suwıg'an dep aytamız.

Bizin' A'lemimizdin' antropılıg'ı u'ken a'hmiyetke iye. 1960-jılları amerikalılar ta'repinen usınılg'an antroplıq printsipke muwapıq A'lem o'zin o'zi bile alatug'ınday qurılısqa ha'm qa'siyetlerge iye. Bul printsip boyınsha du'nyanı biz du'nya qanday bolsa, tap sonday tu'rde baqlaymız, sebebi tek usınday du'nyada g'ana biz ha'm bizge usag'an baqlawshılar o'mir su're aladı. Al bizin' ha'm bizge usag'anlardın' o'mir su're alıwı ushın a'lemimiz jetkilikli da'rejede u'ken, bir tekli ha'm izotop bolıwı sha'rt.

Ha'zirgi astronomiya bizin' A'lemimizdin' endigi ta'g'dirinin' qanday bolatug'inlıg'ın da ayta aladı. A'lemnin' keleshegi onın' ortasha tıg'ızlıg'ına baylanıslı ekenligi anıqlanadı. Eger tıg'ızlıq kritikalıq tıg'ızlıq dep atalatug'in tıg'ızlıqtan kem bolsa ken'eyiw ma'n'gi dawam ete beredi. Juldızlardın' en' aqırğ'ıları ju'zlegen mlrd jıldan keyin so'nip boladı. Galaktikalardı qu-raytug'in so'ngen juldızlar birigip qara oqpan (shernaya dıra) dep atalatug'in kosmoslıq ob'ektlerge aylanadı. Olar kem-kemnen elektromagnit nurlanıwının' na'tiyjesinde "puwlanadı" (inglis fizigi Stiven Xoking ta'repinen kiritilgen tu'sinik). Qara oqpanlar o'z gezeginde 10 da'rejesi 100 ge ten' jıl o'tkennen keyin tolıg'ı menen elektromagnit tolqınlarına aylanıp boladı. Demek, biz qarag'an jaqdayda du'nyanın' aqırı elektromagnit tolqınlarına aylanıwı menen pitedi.

Biraq A'lemimizdin' tıg'ızlıg'ı kritikalıq tıg'ızlıqtan artıq bolsa endigi 40-50 mlrd jıl ishinde aytarlıqtay hesh na'rse bolmaydı. Juldızlardın' ko'pshiligi so'nedi. 100 mlrd jıldan keyin ken'eyiw qısılıw menen almasadı. Ha'zirgi waqıtta baqlanatug'in spektr sızıqlarının' qızılğ'a qarap awısıwı fioleтке qarap awısıwıg'a o'zgeredi. Galaktikalar bir-birine jaqınlasadı, keyinirek pu'tkilley birigip ketedi ha'm ha'zirgi ku'nnen baslap esaplag'anda shama menen 200 mlrd

jıldan keyin A'lem o'zinin' da'slepki mikroskopiyaq asa tıqız halına qayıp keledi. Onnan keyin U'lken partlanıw qaytadan bolatug'ın bolsa kerek.

Ha'zir biz A'lemnin' ortasha tıg'ızlıg'ın da'l bilmeymiz. Qolımızdag'ı bar san kritikalıq tıg'ızlıqtan 100 esedey kishi⁵¹. Biraq usı waqıtqa shekem esapqa alınbag'an massalar bar. Mısalı, eger ha'mmemizge de belgili bolg'an neytrino tınıshlıq massasına iye bolıp shıqsa, onda ol A'lemge bolg'an ko'z-qaraslarımızdı tag'ı da a'dewir o'zgerislerge ushıratadı⁵².

Quyashtın' bolajaq ta'qdiri haqqında biz tolıg'ıraq bilemiz. Ol ele 10 mlrd jıl dawamında ha'zirgidey bolıp turıwın dawam etedi. Ha'zir onın' energiyası protonlardın' geliy atomlarınin' yadrolarına birigiwinin' esabınan nurlanıp atır. Geliy atomları yadrolarınin' massası ko'birek bolg'anlıqtan olar Quyashtın' orayına toplanadı. Usı protsess Quyashtın' orayınin' temperaturasını' ko'teriliwine alıp keledi. Na'tiyjede onın' ko'lemi u'lkeyedi ha'm kem-kemnen qızara baslaydı ha'm «qızıl gigant» dep atalatug'ın astronomiyalıq ob'ektke aylanadı. Ol da'slep o'zine jaqın Merkuriydi jutadı. Keyin bunday katastrofa go'zzal Venerag'a jetedi. U'lkeyiwidin' barısında Quyashtın' betinin' shetleri Jerge shamalasadı. Bir waqıtları Jer betinin' temperaturası mın'lag'an gradusqa jetedi, organikalıq zatlardan hesh na'rse qalmaydı. Sonın' menen birge Quyashtın' orayındag'ı temperatura 100 mln gradusqa jetedi ha'm geliy yadrolarınin' basqa massası ko'birek bolg'an yadrolarg'a sintezi baslanadı (basqasha so'z benen aytqanda «geliy yadrolıq bombası bolg'an Quyash» partlanadı). Na'tiyjede Quyashtın' o'zi so'nip neytron juldızına aylanadı, al Quyash sistemasının' qalg'an ag'zalarınin' derlik ba'ri de partlanıwdın' aqıbetinen qıyraydı. Sistemamız endi jigirmalag'an milliard jıldan keyin o'zinin' o'mirin' tamam etedi. Usınday stsenariydin' tiykarg'ı avtorları ingilis Eddington ha'm indus Chandrasekarler bolıp tabıladı. Bizin' ha'm basqa da galaktikalardın' juldızların baqlawlar joqarıda bayanlang'an Quyashtın' ta'g'dirinin' durıs ekenligin ayqın da'lilledi.

Biz joqarıda bizin' A'lemimiz haqqında ta'limattı do'retken tiykarg'ı ilimpazlardın' atların ko'rsetip o'ttik. Usı dizimge A'lemdegi awır elementar bo'lshekler-barionlar boyınsha simmetriyanın' joq ekenligin (du'nyada nelikten zatlardın' bar ekenligin) teoriyalıq jaqtan da'lillengenlerdin' biri A. D. Saxarovtı qosamız. Egerde bizin' A'lemimizde bunday simmetriya bolıp, bo'lshekler menen antibo'lsheklerdin' mug'darı ten'dey jag'day ornag'anda atomlar payda bolmag'an bolar edi.

Tilekke qarsı, elimizdin' (buring'ı Sovetler Soyuzın qosqanda) ilimpazları o'zlerinin' atları astronomiya iliminin' tariyxında qalg'anday hesh na'rse isley almadı. Bul bir jag'man ta'biyg'ıy da na'rse. Sebebi bir qansha ilimlerden' rawajlanıwına tosqınlıq jasaw SSSR da 40-50 jılları ma'mleketlik siyasatqa aylandı (mısalı kibernetikanı jalg'an ilim dep dag'azalaw, genetikanı bi-ykarlaw, ilimiy kommunistizmge usag'an kompartiyanı qollaytug'ın partiyaq dep atalatug'ın ilimlerde ayırıqsha dıqqat awdarıw ha'm qoshemetlew, tag'ı basqalar). Bunday jag'day U'lken Sovet Entsiklopeditsiyasını' ekinshi basılıwınin' (1953-jıl) 23-tomındag'ı «Kosmologiya» atlı maqalasında ayqın ko'rinedi. Maqalada kompartiyanın' ko'rnekli iskeri A.A.Jdanovtın' bir filosofiyalıq diskussiyada islegen bayanatınan u'zindi keltirilgen. Ol kisi «Ha'zirgi burjuaziyalıq ilim popovshılıqtı, fideizmdi jan'a argumentler menen ta'miyinlenip atır. Bur argumentlerdi ayamay a'shkaralaw kerek. Sanlardın' Pifagorlıq mistikasına tup-tuwrı alıp keletug'ın ingilis astronomı Eddingtonnın' du'nyanın' fizikalıq turaqlılıq haqqındag'ı ta'limatın alıp ko'reyik. Bilwdin' dialektikalıq jolın, absolyut ha'm salıstırmalı shınlıqtın' qatnasın tu'sinbey turıp Eynshteynnin' ko'plegen izin dawam etiwshiler A'lemnin' shekli, shegaralang'an oblastınin' qozg'alıs nızamların pu'tkil A'lem ushın ulıwmalastırıp A'lemnin' shekli ekenligin, onın' ken'islik ha'm waqıt boyınsha shegaralang'anlıg'ın aytıwg'a shekem jetti. Astronom Miln ha'tte du'nyanın' bunnan eki milliard jıl burın payda bolg'anlıg'ın «esaplap shıqtı». Bul ingilis ilimpazlarına olardın' watanlası Bekonnın' «o'zinin' iliminin' ku'shsizligin ta'biyatqa qarsı qaratıl'g'an jalag'a aylandırıw» so'zi mu'na'sip keledi».

Ga'p etilip atırg'an maqalada bılay delinedi: «Ha'zirgi burjuaziyalıq kosmologiya pu'tkil A'lem ushın Metagalaktikanın' bizge belgili bolqan qa'siyetlerin qollanıw menen

⁵¹ Ha'zirgi waqıtlardag'ı (2008-jıl) mag'lıwmatlar boyınsha A'lemnin' ortasha tıg'ızlıg'ı kritikalıq tıg'ızlıqqa ten'.

⁵² Neytrinoların' ayırım tiplerinin' massag'a iye ekenligi haqqında ha'zirgi waqıtları isenimli mag'lıwmatlar bar.

shug'ıllanadı... Usınday qollanıw menen qızılǵ'a awısıw qubılısı "Doppler effekti" dep qabıl etilip "ken'eyiwshi A'lem teoriyası du'zildi" (belgiyalıq fizik abbat J. Lemeter ha'm basqalar). Solay etip, burjuaziyalıq kosmologiya A'lemnin' sheksiz ko'p tu'rliligin biykarlap sanalı tu'rde idealistlik ha'm fideistlik ideyalardı taratadı... Sovet ilimpazlarınin' aldında qızılǵ'a awısıwdın' ta'biyatın tolıq sheshiw arqalı du'nyanın' materialistlik teoriyasın tu'pten islep shıǵ'ıw ma'selesini tur'.

Qızılǵ'a awısıwdın' ta'biyatın burjuaziya ilimpazları tabıs penen sheshti. Na'tiyjede XX a'sirimdin' 70-jıllarına kele SSSR dag'ı awhal Eynshteynnin' ha'm onın' isin dawam ettiriwshilerdin' paydasına sheshile basladı. Marksizm-leninizmdi jedel tu'rde partiyalıq tiykarda rawajlandırıwshılardıń tilegine qarsı joqarıda atalqan burjuaziyalıq kosmologiya ha'zirgi zaman astronomiyasınin' shın'ı da'rejesine jetti.

Bizin' a'lemimiz haqıyqatında waqıt boyınsha da, ken'islik boyınsha da shekli. Biraq A'lemderdin' sanları ha'm tu'rleri belgili shekke iye emes. Olardıń ayırımlarınin' o'miri elektromagnit tolqınlarına aylanıw menen, ekinshi bir tu'rleriniki da'slepkidey halǵ'a qaytıw menen pitedi. U'shinshilerinde basqa da variantlardın' bar bolıwı printsipiallıq jaqtan tolıq mu'mkin.

Zamanlar o'zgeredi, A'lemge bolǵ'an bizin' ko'z-qaraslarımız bunnan bılay da bayıydı. Joqarıda bayan etilgen du'nya haqqındag'ı ilimler ken'eyip jan'a Ulug'bekler, jan'a Eynshteynler payda boladı. Go'zzal astronomiya o'zinin' bekkem tırnaqları bolǵ'an fizika ha'm matematikanın' tiykarında rawajlana beredi.

(«Ulug'bek ha'm astoronmiya» maqalası 1994-jılı jazıldı, o'z aldına kitap bolıp shıqtı, al 2008-jılı ayırım o'zgerisler kirgizildi)