

Т.Г.Шевченко атындағы Қарақалпақ мәмлекетлик педагогикалық институтының Нөкис мәмлекетлик университетине айланыуының 40 жыллығына байланысly жазылды.

Гравитациялық толқынлардың ашылыуы, Альберт Эйнштейн хәм оның улыўмалық салыстырмалық теориясының 100 жыллығы

I бөлим

Соңғы жыллары тәбияттаныў, соның ишинде физика хәм химия илимлеринде адамзат ушын оғада уллы әҳмийетке ийе илимий ашылыўлар жүз бермекте. 2012-жылы Женева қаласының қасындағы ядролық изертлеўлер бойынша Европа орайының (ЦЕРН, CERN, Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), Үлкен адронлық коллайдер (инглизше Large Hadron Collider, қысқаша LHC) деп аталатуғын дүзилисиниң жәрдемінде Хиггс бозоны деп аталатуғын элементар бөлекше ашылды хәм усының нәтийжесинде элементар бөлекшелердиң хәм соған сәйкес барлық затлардың массаға ийе болыуының себеплери толық белгили болды. 2015-жылдың жаз айларында коллайдердеги тезлетилген протонлардың энергиясы 13 ТэВ шамасына жеткерилди хәм усының нәтийжесинде пентакварк сыяқлы массасы үлкен болған жаңа элементар бөлекшелердиң бар екенлиги анықланды.

2013-жылы Калифорния технологиялық институтының (Калтех, инглиз тилинде California Institute of Technology, қысқаша Caltech) илимпазлары тәрөпинен бизиң галактикамыздағы хәр бир жулдыздың этирапында кеминде бир планетаның айланатуғынлығын дағазаланды. Астрономлар буннан 13,7 миллиард жыл бурын пайда болған, яғный жасы Әлемниң жасы менен дерлик бирдей болған жулдызды тапты.

2014-жылы 12-ноябрь күни "Розетта" деп аталатуғын Европалық космослық зонд Чурюмов-Герасименко кометасына барып қонды хәм Жерге сол кометаның сүүретлерин хәм физикалық-химиялық қәсийетлери хәққындағы информацияларды жибере баслады. Нәтийжеде кометада 16 түрли органикалық бирикпениң бар екенлиги белгили болды. Ал кометаның бетине қонбастан бурын "Розетта" космослық аппараты Чурюмов-Герасименко кометасының толық бетиниң көп санлы сүүретлерин Жерге жиберди.

2015-жылы июль айында Америка Құрама Штатларының НАСА агентлигиниң "Жаңа горизонтлар" деп аталатуғын космослық аппараты 9 жыл даўамында ушыуының нәтийжесинде Жерден шама менен 4,5 миллиард километр қашықлықта жайласқан Плутон-Харон системасына жетти хәм Плутон киши планетасын, оның этирапында айланып жүриўши жолдасларының жоқары анықлыққа ийе видеосүүретлерин және олардың физикалық хәм химиялық қәсийетлери хәққындағы бай мағлыўматларды Жерге жеткерип берди.

2015-жылдың октябрь айында Марс планетасында суўдың бар екенлиги хәққындағы болжаўлар толық тастыйықланды.

Менделеев дүзген химиялық элементлердиң дәўирлик кестесиндеги элементлердиң саны жылдан жылға көбеймекте. Соңғы ўақытлары 114- хәм 116-элеменлердиң табылғанлығын Жер жүзиниң көплеген лабораториялары тастыйықлады.

2014-жылдың 11-февраль күни болса Москва, Вашингтон хәм Пиза қалаларында бир ўақытта өткерилген пресс-конференцияда халық аралық LIGO коллаборациясы

(коллаборация деп улыұмалық мақсетлерге жетіу ушын қандай да бир тараудағы еки ямаса оннан да көп адамлардың, шөлкемлердің биргеликтеги жұмысына айтамыз) проектинің (LIGO, англиз тилинде Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, гравитациялық-толқынлық обсерватория мәнисин береді) қатнасушылары гравитациялық толқынлардың табылғанлығын дағазалады. Гравитациялық толқынды регистрациялау (биз "детекторлау" терминин де пайдаланамыз) ұақысын астрофизикада GW150914 (бул жазыуды "2015-жылы 14-сентябрь күни бақланған гравитациялық толқынлар" деп оқыу керек) ұақысы деп белгилеу қабыл етилди. Бундай толқынлардың бар екенлиги буннан 100 жыл бурын Альберт Эйнштейн тәрөпинен жаңа ғана дөрөтилген улыұмалық салыстырмалық теориясының тийкарында болжап айтылған еди. 12-февраль күни болса "Physical Review Letters" журналында сол проекттиң ағзаларының "Observation of Gravitational Waves from a Binaty Black Hole Merger" атамасындағы мақаласы шықты. Бул мақаланың авторларының саны дерлик бир ярым мың. Олар Жер жүзинің 12 елинде жайласқан 133 университет пенен илимий мәкемелеринде жұмыс ислейди.

Гравитациялық толқынларды регистрациялаған қәнигелердің берген баҳасы бойынша биринши хәм ең күшли сигналдың статистикалық әхмийети "5-сигма"дан да артық. Бул жағдай изертлеушилердің алған нәтийжелеринің дурыс екенлигине исениминің 99,9999 процентке тең екенлигин билдиреди.

Демек уллы физик Альберт Эйнштейн тийкарын Берн қаласында қалаған, 1915-жылы физикалық теория түрине енген улыұмалық салыстырмалық теориясы фундаменталлық теория сыпатында толық тастыйықланды хәм енди оны ақырына шекем толық дөрөтилген теория деп айта аламыз.

Гравитациялық толқынларды сезген лазерлик интерферометрлик LIGO обсерваториясының бирдей еки детекторының бири АҚШ тың Луизиана штатындағы Ливингстон қаласының, ал екиншиси оннан 3002 км қашықтықта Вашингтон штатындағы Хэнфорд қаласының қасында жайласқан. Ливингстон қаласының қасындағы обсерватория Орегон штаты менен шегараға жақын орында жайласқан пайдаланыудан қалған ядролық полигонда орналасқан. Ал Луизиана штатындағы обсерватория ушын тропикалық хәм субтропикалық тоғайлардың шетинде тыныш орынды табыуға мүмкиншилик болған. LIGO проектинің қабыл етиуи ушын ушын ең қолайлы хәм салыстырмалы тыныш диапазон ретинде адамның қулағы еситетуғын 10 – 1000 Гц болған диапазон сайлап алынған. Сонлықтан бул обсерваториялардың жәрдемінде гравитациялық толқынларды еситиу мүмкин деп айтыуға болады. Соның менен бир қатарда обсерваториялардың ислеуи ушын қууатлы хәм бир текли ислеитуғын лазерлер керек. Бундай лазерлер тек 1990-жыллары пайда бола баслады. Усы жағдайлардың барлығын есапқа алып соғылған детекторлар амплитудасының салыстырмалы шамасы 10^{-17} см болған тербелислерди бақлай алады (бул шаманың водород атомының диаметринің шамасынан миллиард, ал атом ядросының диаметринен он мың есе киши екенлигин атап өтемиз).

Жердің бетиндеги қозғалыслардың барлығы да оғада сезгир детекторлардың орнықты түрде ислеуине өзинің унамсыз тәсирлерин тийгизеди. Усы жағдайларға байланысly физиклердің алдында тек гравитациялық толқынлардың тийгизген тәсирин айырып алыу машқаласы турды хәм бул машқала табыс пенен шешилген.

LIGO проекти 1992-жылы Калифорния технологиялық институттың профессорлары Кип Торн (Kip Stephen Thorne) менен Рональд Дривер хәм Массачусет техноогиясының профессоры Райнер Вайс тәрөпинен усынылды. Проектти АҚШ Миллий илимий фонды тәрөпинен қаржыландырылған. LIGO проекти ушын 365 миллион доллар ақша қаржылары жумсалған хәм бул фонд тәрөпинен бөлип шығарылған ең үлкен қаржы болып табылады.

Гравитациялық толқынлар деп ұақыт бойынша жақтылықтың тезлиги менен тарқалатуғын кеңисликтиң майысыұларының (деформациясының) тарқалыұларын түсинемиз. Кеңислик-ұақыттың толқынлары болған гравитациялық толқынларды суұдың бетиндеги майда толқынлар ямаса қатты денелердеги сес толқынлары менен салыстырыұға болады. Илдирилип қойылған еки дене арқалы бундай толқынлар өткенде олар арасындағы қашықлық өзгереді. Денелер тербеле баслайды. Олар арасындағы қашықлықтың салыстырмалы өзгерісі толқынның амплитудасының өлшеми болып хызмет етеді.

Қөлеген тезлениұши қозғалыстағы дене гравитациялық толқынды пайда етеді. Сиз қолыңызды сермеұ арқалы гравитациялық толқынларды нурландыра аласыз. Бирақ гравитация фундаменталлық тәсирлесіулердің ишиндегі ең әззи тәсирлесіу болып табылады. Мысалы массасы 10000 тонна болған полат колоннаны өзинің көшері дөгерегінде бир секундта 10 рет айландырсаңыз пайда болған гравитациялық толқынның энергиясы шама менен 10^{-24} Вт·сек (яғный $6 \cdot 10^{-6}$ эВ) шамасына тең болады хәм бундай сигналды хәзирше хеш ким де бақлай алмайды.

Гравитациялық толқынлар тәрөпинен қоздырылатуғын эффектлердің оғада әззи болатуғынлығына байланыслы көп жыллар даұамында сондай толқынлардың бар ямаса жоқ екенлигин эксперименттерде туұрыдан-туұры тастыйықлаұдың мүмкиншилиги болмады. Олардың бар екенлиги хәққындағы жанапай мағлыұматлар PSR B1913+16 белгисине ийе тығыз еки нейтрон жулдыздан туратуғын системаны бақлаұдың барысында алынды. Усы жумысы ушын 1993-жылы АҚШ физиклери Рассел Халс (инглиз тилинде Russell Alan Hulse, 1950-жылы 28-ноябрь күни Нью-Йорк қаласында туұылған) хәм Джозеф Тейлорлар (инглиз тилинде Joseph Hooton Taylor, Jr., 1941-жылы 29-март күни Филадельфия қаласында туұылған) физика бойынша халық аралық Нобель сыйлығын алыұға миясар болды. Қос жулдызлар бир биринің дөгерегінде айланғанда гравитациялық толқынларды нурландырады. Усының салдарынан олар энергиясын жоғалтады, олардың орбиталарының өлшемлери хәм айланыұ дәуирлери киширейеді. Теориялық жоллар менен есапланған усындай жулдызлардың бир биринің дөгерегінде айланыұының нәтийжесінде нурланыұы керек болған гравитациялық толқынлардың энергиясының шамасын астрономиялық бақлаұларда алынған айланыұ дәуиринің кемейіуі салыстырыұ улыұмалық салыстырмалық теориясының талапларына дәл сәйкес келген.

Гравитациялық толқынларды қабыл етиұ (текстте детекторлаұ, регистрациялаұ сөзлери пайдаланылады) жумыслары 1960-жыллары АҚШ физиги Джозеф Вебер (инглиз тилинде Joseph Weber, 1919-2000) тәрөпинен басланған еді. Оның детекторының тийкарғы бөлими узынлығы 2 метр болған цилиндр тәризли алюминийден ибарат еді (1-сұұрет). Вебер үш детектор соқты хәм оларды АҚШ тың хәр қыйлы штатларында орналастырды. Оның 1969-жылғы гравитациялық толқынларды аштым деген билдириұи көп узамай 1972-жылы илимий жәмәәтшилик тәрөпинен (Мысалы Москвадағы В.Брагинскийдің топары тәрөпинен) толық бийкарланды. Бирақ астрофизиклер арасында Д.Вебердің жумыслары үлкен қызығыұшылық пайда етті. Гравитациялық толқынлардың Вебер тәрөпинен усынылған резонанслық детекторы узақ ұақытлар даұамында тийкарғы детектор сыпатында танылып келді. Гравитациялық толқын өткен жағдайда детектор сыпатында пайдаланылатуғын алюминий цилиндр бир бағытта созылып, оған перпендикуляр бағытта қысылыұы керек. Нәтийжеде алюминийний цилиндрдің қоңыраұдай болып "жаңлай" баслаұы күтиледі. Бирақ усыған қарамастан конструкциясы Вебер тәрөпинен усынылған детекторлар жеткиликли дәрежеде сезгирликке ийе емес еді.



1-сүрөт. Д.Вебер өзінің детекторын жумьсқа таярлап атыр. Узьнлыгы 2 м болған тутас алюминий көринип тур.



2- сүрөт. Профессорлар Райнер Вайс хэм Кип Торн.

Вебер тәрeпинен "ашылған" гравитациялық толқьнлардың қалайынша "жабылғанлығы" хаққында төмендегидей мысалды келтириў мүмкин: Өткен әсирдің 70-жыллары Москва мәмлекетлик университетиниң физика факультетиниң цоколлық этажында (подвалында) басқа көп санлы толқьнлардың қойыў массиви арасынан гравитациялық толқьнларды ажыратып алатуғын ең биринши детекторлар дөретилди. Бул детектор Этвеш тәрeзиси деп аталатуғын оғада сезгир тәрeзи тийкарында соғылып, оғада киши тербелислерди бир биринен ажырата алатуғын еди. Бирақ, әдетте барлық ўақытта да Жерде көп нәрселер тербелип турады. Сонлықтан Брагинский басқарған группа ағзалары соққан тәрeзи ўзликсиз түрде ўақыттың өтиўи менен қайталанбайтуғын тәртипсиз тербелислерди турақлы түрде көрсетип турған.

Бирақ узақ даўам еткен бақлаўлардың барысында әсбап ўақыттың өтиўи менен анық түрде қайталанатуғын нәтийжени көрсеткен. Хәр күни кеште хэм бирдей ўақытта тәрeзидеги тең салмақтықтың бузылатуғынлығы айқын түрде сезилген. Бул хабарды еситкен барлық физфак нәтийжениң қандай болатуғынлығын асығыслық пенен күткен. Бирақ В.Брагинский күтилген байрамды тез бузған. Соғылған тәрeзи трамвайлардың ең соңғы топарының Университет проспекти арқалы (яғный физфактың қасынан) биргеликте паркке қайтыўы менен байланыслы пайда болған жердің тербелислерин сезген екен.

Тилекке қарсы, 1919-жылы туўылған америка физиги Джозеф Вебер гравитациялық толқьнлардың қалайынша ашылғанлығын биле алмады. Ол 2000-жылы 30-сентябрь күни қайтыс болды.

Гравитациялық толқьнлардың дереги сыпатындағы астрофизикалық қубылысларға ең биринши болып 1948-жылы белгили физик-теоретик академик Вадим Александрович Фок итибар берген еди. Ол сол жылы Юпитер планетасының нурландыратуғын гравитациялық толқьнларының қуўатын баҳалай алды. В.А.Фоктың алған мағлыўматлары бойынша Юпитер планетасы толқьн узьнлыгы үлкен болған қуўаты $\sim 4 \cdot 10^9$ эрг/с = 400 ватт болған гравитациялық толқьнларды нурландырады екен (бир бириниң дөгерегинде бир биринен l қашықлығында

айланыушы массалары бирдей болған еки дене нурландыратуғын гравитациялық толқынлардың қуаты $p_{grav} = \frac{128}{3} \frac{G}{c^5} M^2 l^4 \omega^6$ формуласының жәрдемінде есапланады, бул формулада M арқалы айланбалы қозғалыстағы денениң массасы, ω арқалы айланыу жиілиги белгиленген).

Егер нейтрон жұлдызлар бир биринің дөгерегінде айланатуғын болса, олар бир бири менен қосылса ямаса бир бири менен соқлығысса, онда олар гравитациялық толқынлардың оғада қуатлы дерегине айланған болар еди (нейтрон жұлдызлардың массаларының Қуяштың массасынан әдеуір үлкен екенлигин атап өтемиз). Ал массасы әдетте нейтрон жұлдызлардың массаларынан әдеуір үлкен болатуғын қара құрдымлар қосылған жағдайда пайда болатуғын гравитациялық толқынлардың қуаты онлаған есе үлкейген болар еди. Бул 1970-жыллары қәлиплесе баслаған айқын түрдеги теориялық мәселелердің бири болып табылады. Усының менен бир қатарда экспериментаторлар "қағазда бар нурланыудың түрин қалайынша табыуға болады" деген сорауға жууап беріуіге тырысты.

LIGO ның тийкарын салыушылардың бири Кип Торнның 2007-жылы рус тилинде шыққан "Қара құрдымлар хәм ўақыттың жыйрықлары. Эйнштейн қалдырған мәртлик мийрас" ("Black Holes and Time Warps: Einstein's Outrageous Legacy") китабында мынадай сөзлерди ушыратамыз: "1960-жыллары қандай дәл өлшеулердің зәрүрли екенлиги ҳаққындағы мәселеге ҳеш ким итибар бермеді. Себеби қара құрдымлардан хәм басқа да астрономиялық объектлерден Жерге келетуғын гравитациялық толқынлардың қаншама әззи екенлигин ҳеш ким айқын түрде түсинбеді. Бирақ 1970-жыллардың орталарына келгенде Вебердің эксперименталлық проектинен алынған тәсирлер тийкарында мен хәм басқа да теоретиклер ең күшли гравитациялық толқынлардың қаншама күшли болатуғынлығын анықлай басладық. Жууап 10^{-21} шамасына тең болып шықты. Демек 2 метрлик цилиндр тәризли денени гравитациялық толқынлар $2 \cdot 10^{-21}$ метр шамасына тең амплитуда менен тербеліске келтиреді екен. Бул шама атом ядросының диаметринен миллион есе киши болып табылады. Егер усы баҳалаулар дурыс болғанда (бизлер орынлаған есаплауларымыздың жүдә жууық екенлигин жақсы билдик), онда бундай сигнал Брагинский ашқан квантлық шектен 10 есе киши болған болар еди. Сонлықтан гравитациялық толқынларды қатты денелерден соғылған детектордың хәм сол ўақытлары белгили болған датчиклердің жәрдемінде регистрациялаудың пүткиллей мүмкиншилигинің жоқ екенлиги белгили болды.

Бул қәуетерли жағдай орын алған болса да, гравитациялық толқынларды детекторлауға үмит етиуіге болатуғын еди. Брагинскийдің терең интуациясы, егер экспериментаторлар айрықша ақыллы болса жоқарыда айтылған стандарт квантлық шекти айланып өтиудің мүмкин екенлигин еске салды... Брагинскийдің интуициясы оғада әззи гравитациялық толқынларды регистрациялайтуғын детекторды соғыудың мүмкин екенлигин көрсетти".

1960-жылы 16-май күни АҚШ физиги Теодор Харальд (Тед) Мейман (инглиз тилинде Theodore Harold "Ted" Maiman, 1927-жылы 11-июль күни Лос-Анджелес қаласында тууылған хәм 2007-жылы 5-май күни Ванкувер қаласында қайтыс болған) биринши оптикалық квантлық генератордың – лазердің жұмысын демонстрациялады (лазер - light amplification by stimulated emission of radiation – "жақтылықты мәжбүрий нурланыудың тәсирінде күшейтиу" мәнисин береді). Бул лазерде актив орталық сыпатында жасалма түрде алынған рубин кристаллы пайдаланылды, ал көлемлик резонатор сыпатында Фабри-Перо резонаторы алынды. Лазер импульслик режимде 694,3 нм толқын узынлығында ислейтуғын еди. Усы ўақыядан кейин 1962-жылы Москвалы М.Герценштейн хәм В.Пустовойтлар

гравитациялық толқынларды бақылау үшін "Екі массалы денени алып, олардан антенна соғыу керек" екенлігін дәлелдеді. Себебі гравитациялық толқынлардың квадрупольдік табиғатына байланысты әзсіз нұрланыу және соған сәйкес басқа денелер менен әзсіз тәсірлесіу орын алады. Гравитациялық майданда плюслер де, минуслар да жоқ. Сондықтан гравитациялық толқынның келіп түскенлігін тек бір теклі емес орталықтарды пайда етіу менен ғана детекторлау мүмкін. Бұндай бір теклі емес орталық физика илиминде кеңнен белгілі болған Майкельсон интерферометрі (Альберт Майкельсон тәрепіннен іслеп шығылған екі нұрлы оптикалық интерферометр) болып табылады.

Усы жағдайға байланысты гравитациялық толқынлар детекторларының гезектегі әуладының іслеу принципі үшін (соның ішінде LIGO проекті үшін) Майкельсон интерферометрі тийікар етіп алынды.

Ең дәслеп Майкельсон тәрепіннен усынылған интерферометрлер (XIX әсирдің ақырына таман бұндай интерферометрде алынған нәтижелер жақтылықтың вакуумдағы тезлігінің барлық инерциаллық есаплау системасында бірдей болатуғынлығын көрсетті және арнаулы салыстырмалық теориясының пайда болыуында өзінің салмақты орнын ийеледі) хәр бір ийіні арқалы өткен жақтылық нұрларының жүріслер айырмасын үлкен дәлдікте өлшеуге мүмкіншілік береді. Бірақ жүдә әзсіз гравитациялық толқынларды регистрациялау үшін сезгірлігі Вебер тәрепіннен усынылған детектордың сезгірлігінен миллионлаған есе жоқары болған интерферометрді алыу үшін ийінлердің ұзынлығы жүзлеген километр болыуы керек. Бұл машқаланы шешіу үшін нұрлардың жүріу жолын үлкейтіу және усыған сәйкес интерферометрдің ийінлерін кишірейтіу мақсетінде хәр бір ийінге Фабри-Перо резонаторлары орналастырылды.



а)



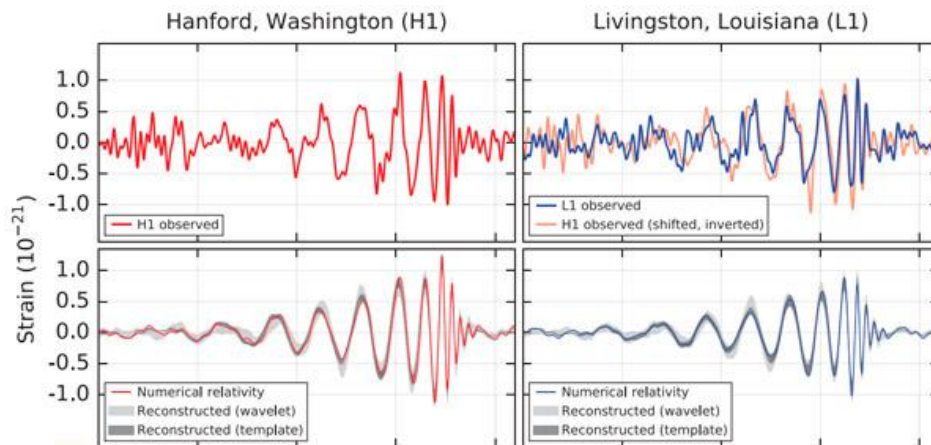
б)

3-сүрет. Хэнфорд қаласы қасындағы (Вашингтон штаты, H1) және Ливингстон қаласы қасындағы (Луизиана штаты, L1) штаттарында жайласқан гравитациялық-толқынлық обсерваториялар.

LIGO коллаборациясының ийінлерінің ұзынлығы 4 км болған екі интерферометрі және Италияда Пиза қаласының қасында жайласқан ийінінің ұзынлығы 3 км ге тең бір VIRGO интерферометрі хәзіргі уақытлардағы ең сезгір детекторлар болып есапланады (VIRGO еле іске түскен жоқ). Олардың басшылары алынған нәтижелерді біргелікте қайта іслеуге келіскен.

Бұл проекттің іске асыуына ең бірінші импульсті АҚШ берген болса да, LIGO обсерваториясы халық аралық проект болып табылады. Бұл проектке ақша қаржылары және интеллектуаллық жақтан 15 мемлекет жәрдем берді, ал коллаборацияның ағзаларының саны 1000 нан артық. Проекттің жүзеге келіуінде салмақты орынды дәслеп СССР дың (Москва мемлекеттік университетіндегі В.Брагинскийдің топары менен Нижний Новгород қаласындағы Әмелий физика институтының хызметкерлері) және кейінірек Россияның көп санлы физиктері ийеледі.

Әсіресе астрофизиклер арасында компактты объекттердің (яғный массалары үлкен хәм өлшемлери киши болған космослық объекттердің) бир объектке қосылыуы үлкен қызығыушылық пайда етеди. Себеби үлкен массаға ийе еки объекттен туратуғын системалар (мысалы нейтрон жұлдызлар ямаса қара құрдымлар) барлық ўақытта гравитациялық толқынларды нурландырады. Нурланыу олардың орбиталарының узынлығын қысқартады хәм ең ақырында олардың қосылыуына алып келеди. Усы ўақытта пүткіл Әлем бойынша тарқалатуғын күшли гравитациялық нурланыу пайда болады. Тап усындай үлкен қуўатқа ийе гравитациялық толқынларды LIGO обсерваториясының детекторлары регистрациялай алады.



4-сүўрет. Жоқарғы тәрәпинде LIGO ның еки детекторы тәрәпинен регистрацияланған GW150914 ўақыясынан алынған сигналлар берилген. Төменде процессти санлы моделлестиріўдің нәтийжеси көрсетилген. Physical Review Letters журналында шыққан мақаладан алынды.

Үлкен массаға ийе аспан денелериниң қосылыуының салдарынан пайда болған сигналларды излеўде хәм идентификациялаўда гравитациялық толқынның ўақытлық сигналларының формасын билиў жәрдем береді. Буның ушын санлы салыстырмалық (инглиз тилинде numerical relativity, күшли гравитациялық майданларындағы физикалық процесслерди компьютерлик моделлестиріў мақсетинде Эйнштейн теңдемелери тийкарында санлы усылларды ислеп шығатуғын хәм алгоритмлерди пайдаланатуғын улыўмалық салыстырмалық теориясының бир тараўы болып табылады) усыллары пайдаланылады. Оның жәрдемінде объекттердің қосылыуының базалық моделлериниң торы дүзиледи. Усы тордың түйинлериниң арасында физиклерге белгили болған жоқары тәртиптеги постньютонлық формализмге тийкарланған аналитикалық жақынласыўлар пайдаланылады.

LIGO обсерваториясы 2002-жылы ислей баслады хәм 2011-жылға шекем бақлаўлардың алты сеансы өткерилди. Усы дәўирде ҳеш қандай гравитациялық толқын бақланбады. Бул жағдай ҳеш кимди де таңландырмады. Себеби детектор "тыңлаған" Әлемниң бөлиминде қуўатлы гравитациялық толқынларды нурландырыуы мүмкин болған катаклизмниң орын алыуының итималлығы үлкен емес еди (бир неше онлаған жыллар даўамында орташа бир рет).

2010-жылдан 2015-жылларға шекем коллаборациялар LIGO менен Virgo обсерваторияларының илимий аппаратурасын түпкиликли түрде өзгертти. Усының салдарынан узақ ўақытлардан бери күтилип келген мақсетке жетиўдің мүмкиншилиги туўылды. Жетилистирилген LIGO ны енди aLIGO (Advanced LIGO) деп атады хәм ол 60 мегапарсек (20 миллион жақтылық жылы) қашықтықтағы нейтрон

жұлдызлар хәм жүзлеген мегапарсек қашықтықтағы қара құрдымлар пайда еткен гравитациялық толқынларды регистрациялай алыу мүмкіншіліклерине ийе болды. Гравитациялық-толқынлық тыңдау ушын ашық болған Әлемнің көлеми өткен сеанстағы көлемнен онлаған есе артты.

Әлбетте, Әлемде космослық катаклизмнің (жұлдыздың өлиуінің, қандай да бир космослық масштаблардағы партланыулардың ямаса катастрофалардың, нейтронлық жұлдызлар ямаса қара құрдымлардың қосылыуының) қашан хәм қай орында болатуғынлығын хеш ким де айта алмайды. Бирақ жетилистирилген детекторлардың сезгирлиги хәр жылда нейтрон жұлдызлардың бир нешесинің қосылыуын детекторлау ушын жеткилики болды. Сонлықтан көптен бери күтилген ўақыяны ең биринши төрт айлық сеансының барысында бақлау мүмкіншілиги туўылды. Егер aLIGO проектинің жумысының бир неше жалларға мөлшерленген екенлигин есапқа алсақ, онда гравитациялық толқынларды жийи бақлау мүмкіншілиги туўылады. Ал гравитациялық толқынлар детекторланбаған жағдайда улыўмалық салыстырмалық теориясында қандай да бир нәрсе дурыс емес деген жуўмақ шығарылады. Ал 2015-жылы сентябрь айының басында сол еки мәселениң шешими ҳаққында хеш ким хеш нәрсе айта алмады.

2016-жыл 11-февраль күни астрофизиклер тәрәпинен GW150914 ўақыясының регистрацияланғанлығы дағазаланды. Бул ўақыя 2015-жылы 14-сентябрь күни Нөкис ўақыты менен саат 15 тен 50 минут 45 секунд өткенде минут өткенде регистрацияланған еди. Ўақыя LIGO детекторлары тәрәпинен дәслепп Ливингстонда, ал 7 миллисекунд өткеннен кейин Хэнфордта есапқа алынды.

Коллаборациялар алынған нәтийжелерди қолдан қайта ислеўге 18-сентябрь күни киристи хәм алдын-ала жүргизилиўи керек болған жумысларды 5-октябрь күни жуўмақлаған. Усының менен бир қатарда GW150914 объектинен басқа астрономиялық диапазонларда келиўи мүмкин болған тәбияты басқа болған сигналлардың Жерге жетип келгенлиги тексерилип көрилди. Нәтийжеде нейтринолық сигналдың табылмағанлығы, ал Fermi коллаборациясы тәрәпинен рентген диапазонында эззи сигналдың келгенлиги белгили болды.

2015-жыл 14-сентябрь күни регистрацияланған гравитациялық толқынларға сәйкес келиўши сигналдың формасы массалары шама менен Қуяштың массасынан 36 хәм 29 есе үлкен болған (дәлиреги массалары Қуяштың массасынан 36^{+5}_{-4} хәм 29^{+4}_{-4} есе үлкен болған) еки қара құрдымның қосылыуының нәтийжесинде пайда болатуғын гравитациялық толқынларға сәйкес келеди. Пайда болған қара құрдымның массасы Қуяштың массасынан 62^{+4}_{-4} есе үлкен. Секундтың оннан бир үлесине тең ўақыт ишиндеги нурланған гравитациялық нурлардың энергиясы Қуяштың массасынан $3^{+0,05}_{-0,07}$ есе үлкен массаға эквивалент. Бул мағлыўматлар төмендеги кестеде ықшамлырақ етип берилген:

Quantity	Value	Upper/Lower error estimate	Unit
Primary black hole mass	36	+5 -4	M sun
Secondary black hole mass	29	+4 -4	M sun
Final black hole mass	62	+4 -4	M sun
Final black hole spin	0.67	+0.05 -0.07	
Luminosity distance	410	+160 -180	Mpc
Source redshift, z	0.09	+0.03 -0.04	

Quantity	Value	Upper/Lower error estimate	Unit
Energy radiated	3	+0.5 -0.5	M sun

Өткерілген санлы математикалық таллаулар GW150914 объектинің Жерден қашықтығының 1,3 миллиард жақтылық жылына тең екенлигин көрсетті. Егер Әлемнің жасының 13,8 миллиард жыл екенлигин есапқа алсақ, онда регистрацияланған гравитациялық толқынлардың пайда болғанынан баслап Жерге жетіп келемен дегенше Әлемнің жасының оннан бір үлесіне тең уақыттың өткенлигине исенийге болады.

Еки LIGO детекторы регистрацияланған гравитациялық толқынлардың Жерге қай тәрептен жетіп келгенлиги хаққында да мағлыұматларды бере алды. Луизиана штатында жайласқан детектор сигналларды Вашингтон штатындағы жайласқан детектордан 6,9 микросекунд бұрын қабыл еткен. Бул мағлыұмат гравитациялық толқынлардың түслик ярым шар тәрепте жайласқан Магеллан бултары тәрептен келгенлигинен дерек береді (егер детекторлардың саны үшеу болғанда толқынлардың аспанның қайсы ноқатынан келип жеткенлигин әдеуір дәл айтыуға мүмкиншилик берген болар еді).

4-сүүреттің шеп тәрепинде Хэнфордтағы (H1), ал оң тәрепинде Ливингстондағы детектор тәрепинен алынған сигналлар келтирилген. Уақыт Пүткіл дүньялық координацияланған уақыт (UTC) бойынша 2015-жыл, 14-сентябрь, 09:50:45. Сигналды визуализациялау ушын детекторлардың жүдә жоқары болған сезгирлигинің диапазонынан сырттағы үлкен флуктуацияларды жоғалтыу мақсетінде өткеріу жолағы 35-350 Герц болған фильтрдің жәрдемінде фильтрленген. Соның менен дүзилистің өзинің шауқымын сапластырыу ушын режекторлық фильтрлер деп аталатуғын фильтрлер де пайдаланылған. Сүүреттеги жоқарғы қатар: детекторлардағы h кернеуі. GW150914 дерегинен шыққан сигнал дәслепп L1 ге (Ливингстон) хәм буннан кейин шама менен 7 миллисекунд өткеннен кейин H1 ге (Хэнфорд) жетіп келген. Детекторлардың салыстырмалы ориентацияларын есапқа алыу мақсетінде H1 детекторларының мағлыұматларын L1 детекторларының мағлыұматлары менен салыстырыу ушын уақыт бойынша кери хәм жылжытылған түрде көрсетілген. Екинши қатарда жоқарыда айтылған 35-350 Гц лик фильтр арқалы өткерілген гравитациялық-толқынлық сигналдың кернеуі h келтирилген. Тутас сызық GW150914 сигналын үйрениу барысында алынған мағлыұматлар базасы тийкарында сызықлы моделлестіриудің жәрдемінде алынған сызық болып табылады.

Гравитациялық толқынларды регистрациялау төмендегидей фундаменталлық характердеги илимий нәтижелерди берди:

Гравитациялық толқынлар туұрыдан-туұры (тиккелей) регистрацияланды;

Гравитациялық толқынлардың көлденең толқынлар екенлиги дәлилленди;

Әлемди бақлаудың жаңа усылы ашылды (буны гравитациялық-толқынлық астрономия деп атайды);

Гравитациялық алыстан тәсирлесіу машқаласы түсиндирилди (бул хаққында кейинирек гәп етиледі);

Қара құрдымлардың бар екенлиги хаққындағы туұрыдан-туұры мағлыұматлар келип түсти;

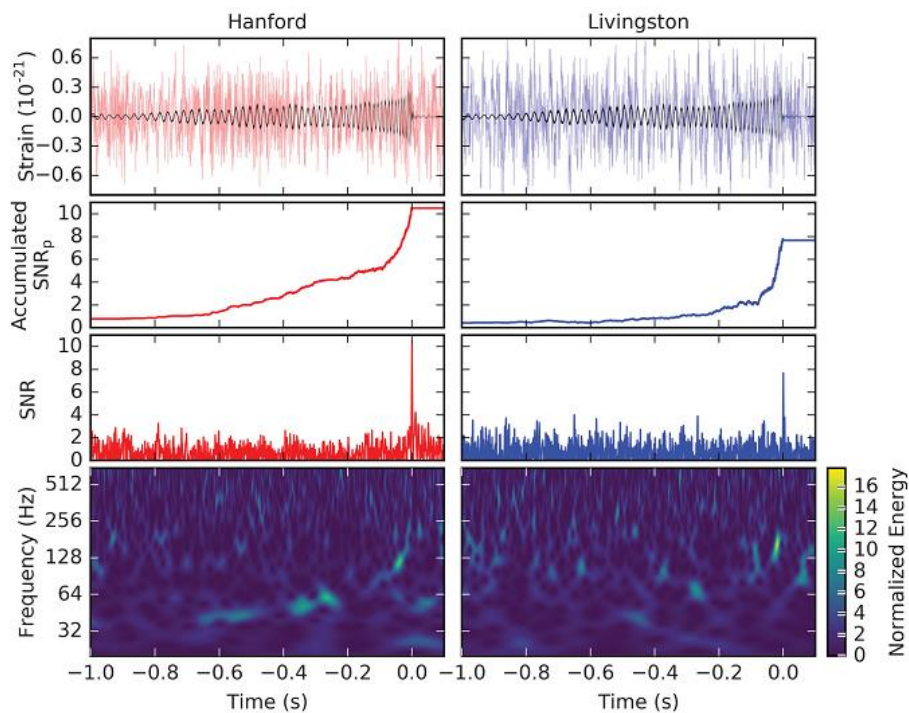
Қос қара құрдымның болатуғынлығы хаққында туұрыдан-туұры мағлыұматлар алынды;

Гравитация қубылысына геометриялық көз-қарастан жақынласыудың дурыс екенлиги тастыйықланды (улыұмалық салыстырмалық теориясының геометриялық теория екенлигине кейинирек түсинемиз).

Регистрацияланған гравитациялық нурларды пайда еткен қара құрдымлардың усы ўақытларға шекем туўырдан-туўры жоллар менен емес, ал жанапай жоллар менен бар екенлиги анықланған жулдызлық массаға ийе болған қара құрдымлардың ең салмақлысы табылды;

Гравитонның массасы ушын ең жоқары шек табылды (10^{-55} грамм, бирақ әдетте гравитонның массасын нолге тең хәм сонлықтан гравитациялық толқынлар жақтылықтың тезлигиндей тезлик пенен тарқалады деп есапланады).

Жоқарыда айтылып өтилген жағдайлар менен бир қатарда гравитациялық толқынлардың ашылыўының нәтийжесинде А.Эйнштейн дөреткен улыұмалық салыстырмалық теориясының ҳеш бир тәрeпиниң бийкарланбағанлығын атап өтемиз.



5-сүүрет. LIGO ның еки детекторы тәрeпинен регистрацияланған GW151226 ўақыясынан алынған сигналлар (2016-жыл 15-июнь күни шыққан мақаладан алынған сүүретлер)

2016-жылы 15-июнь күни Physical Review Letters журанлында LIGO коллаборациясы тәрeпинен "GW151226: Observation of Gravitational Waves from a 22-Solar-Mass Binary Black Hole Coalescence" атамасындағы 14 бетлик мақала шықты. Бул мақалада LIGO гравитациялық обсерваториясының 2015-жылы 25-декабрь күни екинши гравитациялық толқынды детекторлағанлығы ҳаққында айтылған. Бул жағдайда буннан 1,4 миллиард жыл бурын массалары Қуяштың массасынан 14,2 хәм 7,5 есе үлкен болған еки қара құрдым қосылып массасы Қуяштың массасынан 21 есе үлкен болған қара құрдым пайда болған. Энергиясы Қуяштың массасына эквивалент энергиядағы гравитациялық толқынлар нурланған. Бул рет қара құрдымлардың массалары киширек болғанлықтан олар детекторлардың сезгирлик зонасында 1 секундтан сәл кемирек ўақыт даўамында болған. Усы ўақыт ишинде қара құрдымлар бир бириниң дөгерегинде 55 рет айланған хәм айланыў жийилиги 35 тен 450 Гц шекем үлкейген.

Биз гравитациялық толқынларды биринши рет регистрациялаудың барысында қара құрдымлардың бір биринің дәгерегінде 10 рет ғана айланғанын атап өтемиз. Екинши бақлаудағы қара құрдымлардың массаларының киши болыуы айланыулар санының көбейиуіне алып келген.

Төмендеги кестеде екинши ўақыда (яғный GW151226 ўақыясыда) алынған эксперименталлық мағлыўматлар тийкарында жүргизилген санлы есаплаўлардың нәтийжелерин келтиремиз:

Quantity	Value	Upper/Lower error estimate	Unit
Primary mass	14.2	+8.3 -3.7	M sun
Secondary mass	7.5	+2.3 -2.3	M sun
Chirp mass	8.9	+0.3 -0.3	M sun
Total mass	21.8	+5.9 -1.7	M sun
Final mass	20.8	+6.1 -1.7	M sun
Final spin	0.74	+0.06 -0.06	
Radiated gravitational-wave energy	1.0	+0.1 -0.2	M sun c ²
Peak luminosity	3.3	+0.8 -1.6	10 ⁵⁶ erg/s
Luminosity distance	440	+180 -190	Mpc
Source redshift z	0.09	+0.03 -0.04	

Жоқарыда келтирилген мағлыўматлардың барлығы да гравитациялық толқынларды регистрациялаў ислеринің жолға қойылғанынан, гравитациялық-толқынлық астрономияның пайда болғанлығын хәм тез арада бул тараўда оғада әхмийетли болған илимий ашылыўлардың жүзеге келетуғынлығынан дерек береді.

Келешек ушын дүзилген жобалар

Гравитациялық-толқынлық астрономияның перспективалары қәнигелерди еле де терең изертлеўлерге қарай, атап айтқанда Әлемнің пайда болыуы менен эволюциясына тийисли болған фундаменталлық мәселелерди шешиўге руўхландырады. Хәзирги ўақытлары aLIGO детекторының ең биринши хәм ең қысқа бақлаў сеансы жуўмақланды. Бул сеанс жүдә жемисли болып шықты. Адамлар гравитациялық толқынларды еки рет регистрациялады хәм фундаменталлық илимнің раўажланыуы ушын және де бир үлкен жол ашылды. Дәлирек айтқанда гравитациялық толқынлар обсерватория рәсимий түрде ашылмастан бурын табылды хәм коллаборация төрт айлық жумыслардың нәтийжелери ҳаққында еле есап бермеди. Мүмкин, төрт айдың ишинде және де басқа қосымша сигналлар бақланған шығар? Қандай болғанда да детекторлардың сезгирлиги жоқарылаған сайын Әлемнің гравитациялық-толқынлық бақлаў мүмкин болған бөлими үлкейеди, ал регистрацияланған ўақыялардың саны кескин артады.

2016-жылдың ақырында Италиядағы жетилистирилген Virgo лабораториясы иске түседі. Оның сезгирлиги LIGO обсерваториясының сезгирлигинен азмаз киши. Ал гравитациялық-толқынлық обсерваториялардың санының көбейиуі гравитациялық толқынлардың Әлемнің қайсы ноқатынан келгенлигин дәл анықлаўға мүмкиншилик береді. Соның менен бирге хәзирги ўақытлары Японияда

KAGRA деп аталатуғын гравитациялық-толқынлық антенна қурылып атыр. Оның жумысы 2018-2019 жыллары басланады. Бул мәселеде Индия да сыртта қалған жоқ. Ол жерде 2022-жыллары LIGO-India детекторы ислей баслайды. Усының нәтижесінде енди бир неше жыллардан кейин хәр қыйлы мәмлекетлердеги гравитациялық-толқынлық детекторлардың толық тармағы гравитациялық толқынларды регистрациялай баслайды.

Гравитациялық толқынлық детекторларды космос кеңислигине шығару бойынша да әхмийетли жобалар бар. Мысал ретінде eLISAH проектин атап өтиү мүмкин. Усыған байланысly 2015-жылдың ақырында Жер этирапындағы космос кеңислигине биринши космослық аппарат шығарылды. Оның мақсети технологияларды сынап көриү болып табылады. Әлбетте, космослық аппаратлардың гравитациялық толқынларды детекторлауы ушын еле көп жумыслардың ислениуи керек. Бирақ усындай космослық аппаратлардың топары мағлыұматларды жыйнай баслағанда Әлемге төменги жийиликли гравитациялық толқынлар арқалы және бир айна ашылады.

Онлаған жыллар дауамында өткерилген излеу жумысларының нәтижесінде жаңа қубылыстың ашылыуы физика илиминиң және бир жаңа бөлиминиң басланыуы болып табылады. Әлбетте, еки қара қурдымның қосылыуының салдарынан пайда болған гравитациялық толқынды детекторлаудың өзи де үлкен әхмийетке ийе. Нәтижеде адамзат қара қурдымлардың, оның үстине қос қара қурдымның болатуғынлығын, гравитациялық толқынлардың ҳақыйқатында да бар екенлигин, соның менен бирге гравитация қубылысына геометриялық жақынласыудың ҳәм усындай жақынласыуға тийкарланған улыұмалық салыстырмалық теориясының дурыс екенлигин билди. Оның үстине гравитациялық-толқынлық астрономия изертлеулердин жаңа усылына айланды. Енди усындай усылдың жәрдемінде бурынлары жүзеге келиуи мүмкин емес болған илимий изертлеу жумыслары басланды. Мысаллар келтиремиз:

Бириншиден, бул Әлемге қараудың және Әлемде орын алатуғын катаклизмлерди үйрениудин жаңа усылы. Гравитациялық толқынлар ушын ҳеш қандай тосқынлықлар жоқ, олар Әлем арқалы еркин тарқалады. Толқынлардың профиллери оларды пайда еткен процесслер ҳақында информацияларға ийе болады. Соның менен бирге, егер оғада үлкен космослық партланыу ямаса басқа да космослық қубылыс жүзеге келген жағдайда әдетте оптикалық, рентгенлик, нейтринолық, гравитациялық ҳәм басқа да сигналлар биргеликте тарқалады ҳәм олардың барлығын да регистрациялау мүмкиншилиги тууылады. Нәтижеде хәр қыйлы сигналларды бир бири менен салыстырыу жолы менен алыныуы мүмкин болған информациялардың көлеми кескин түрде үлкейеди. Усындай хәр қыйлы болған сигналларды қабыл етиу менен салыстырыу процесслерин меңгериу барлық сигналлық астрономияның ең баслы мақсети болып табылады.

Гравитациялық толқынлардың детекторларының сезгирлиги жоқарылатылса, олар қара қурдымлар ямаса нейтрон жулдызлар сыяқлы объектлер қосылған ўақытта пайда болатуғын гравитациялық толқынларды ғана емес, ал қосылыудың алдында бир неше секунд бурын пайда болған толқынларды да (яғный кеңислик-ўақыттың қалтырауын) регистрациялау мүмкиншилигине ийе болады. Нәтижеде гравитациялық-толқынлық обсерваториялардың тармағы сол сигналларды қабыл етеди, сигналлардың қайсы тәрептен келгенлигин есаплайды ҳәм барлық оптикалық телескоплардың сол тәрепке бурылыуы ҳәм оптикалық диапазондағы жылтылдыны (космослық катаклизм оптикалық диапазонда жылт етип жақтылықтың шығыуын болдырады) бақлау ушын команда береді. Бундай жағдайда гәп етилип атырған космослық катаклизмди хәр тәреплеме изертлеу мүмкиншилиги пайда болады.

Екиншиден, гравитациялық-толқынлық жылтылды Әлемдегі ең қызықты объекттер болған нейтрон жұлдыздар қаққында көп нәрселерді билийге мүмкіншілік береді. Нейтрон жұлдыздардың бір жұлдызға биригийі тәбияттың бизге берген ең экстремаллық эксперименттерінің бири болып табылады. Бундай биригийдің нәтижелерінің хәр қыйлы болыуы мүмкін. Усындай нәтижелер бойынша статистикалық мағлыұматларды жайнап нейтронлық жұлдыздардың қасиеттері қаққында әхмийетлі мағлыұматларды жыйнау мүмкіншілигі бар.

Үшіншиден, көпшілік жұлдызлар өзінің өмірінің ақырында партланады хәм усындай жоллар менен өледі. Бундай қубылысты аса жаңа жұлдыз деп атайды (бул атама қубылыстың мәнісіне сәйкес келмейді). Аса жаңа жұлдыздан келген гравитациялық толқынлар менен оптикалық телескоптар жәрдемінде алынған мағлыұматларды салыстырып жұлдыздың партланыуының қалайынша жүзеге келетуғынлығы қаққында толық мағлыұматларды алыу мүмкін.

Төртіншиден, гравитация теориясы менен шуғылланатуғын физиклерде күшли гравитация эффекттерін бақлау үшін "лаборатория" пайда болды. Усы ўақытларға шекем физиклер бақлап келген қубылыстар улыұмалық салыстырмалық теориясының әззи гравитациялық майданындағы жүзеге келетуғын қубылыстары еді. Күшли гравитация майданында кеңіс-ік-ўақыттың майысыуы өзі менен өзі күшли тәсір ете баслайды. Бул қаққында физиклер оптикалық телескоптарда тек жанапай мағлыұматларды алыу менен ғана шекленип киятыр еді.

Ең ақырында гравитациялық толқынлық астрономияның жәрдемінде хәзиргі ўақытлары бар болған көп санлы гравитация теорияларының дурыс ямаса дурыс емес екенлігі қаққында толық мағлыұматларды алыу мүмкіншілигі пайда болды.

Эйнштейннің улыұмалық салыстырмалық теориясы адамзаттың оғада уллы интеллектуаллық жетіскенлігі болып табылады. Бирақ оның математикалық тийкарларын іслеі шыққан хеш бир алымға усы ўақытларға шекем Нобель сыйлығы берілген жоқ. Бул теорияның айырым болжауларын экспериментте тастыйықлаған эксперименталлық физика бойынша айырым қәнігелер сыйлықты алыуға миясар болды. Нобель сыйлығы квантлық физика бойынша қәнігелерге олардың математикалық мийнеттері үшін берілген еді. Бирақ салыстырмалықты үйренген ямаса ізертлеген хеш бир теоретикке Нобель сыйлығы берілмеді.

Быйыл, яғный 2016-жылы Нобель комитеті теориялық жұмыстардың әхмийетін мойынлайды хәм сонлықтан сыйлыққа миясар болған физиклердің ішінде теоретик те болады деп үміт етіуге болады.

II бөлім

Енді гравитациялық толқынлардың бар екенлігін 1915-жылдың ақырында өзі дөреткен улыұмалық салыстырмалық теориясы тийкарында теориялық жақтан болжаған уллы данышпан физик Альберт Эйнштейн қаққында гәп етеміз.

Альберт Эйнштейн (немісше Albert Einstein) 1879-жылы 14-март күні Германиядағы Ульм қарасында тууылған хәм 1955-жылы 18-апрель күні АҚШ тың Нью-Джерси штатындағы Принстон қаласында қайтыс болған. Физик-теоретик, хәзиргі заман теориялық физикасын дөретіушілердің бири, физика бойынша Нобель сыйлығының лауреаты (1921-жыл). Германияда 1879-1893, 1914-1933 жыллары хәм АҚШ та 1933-1955 жыллары жасады. Жер жүзіндегі жигирмалаған ең уллы университеттердің хұрметі докторы, көп саны Илімлер Академияларының ағзасы.

Альберт Эйнштейн физика бойынша 300 ден астам илимий жумыслардың, соның менен бир қатарда тарийх, илимнің философиясы, публицистика бойынша 150 кітаптың авторы болып табылады.

Альберт Эйнштейн төмендегідей зор теорияларды дәретти:

Арнаўлы салыстырмалық теориясы (1905-жылы);

Арнаўлы салыстырмалық теориясының шеклерінде $E = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$ (киши тезликлер ушын $E = mc^2$) түріндегі масса менен энергия арасындағы байланысты сәўлелендіретуғын физика илиминің ең уллы формуласын келтирип шығарды.

Улыўмалық салыстырмалық теориясы (1907-1915-жыллар);

Фотозффе́кт қубылысының квантлық теориясы (1905-жылы);

Қатты денелердің жыллылық сыйымлығының квантлық теориясы (1907-жыл);

Бозе-Эйнштейннің квантлық статистикасы (1924-жылы);

Флуктуациялар теориясының тийкарында жататуғын броун қозғалысының статистикалық теориясы (1905-жылы);

Релятивистлик космологияның тийкарлары (1917-жылы);

Мәжбүрий нурланыў теориясы;

Орталықлардағы термодинамикалық флуктуациялардағы жақтылықтың шашырауының теориясы.

А.Эйнштейн "квантлық телепорация" қубылысының орын алатуғынын болжады хәм Эйнштейн – де Гааза гидромагнитлик эффе́ктин өлшеди. 1933-жылдан баслап космология хәм майданның бирден бир теориясы мәселелери менен шуғылланды Ядролық қуралды пайдаланыўға қарсы хәрекетлерге, гуманизмди ендириў, адамның хуқықын хұрметлеў, халықлар арасында өз-ара түсинисиў ислерине белсене қатнасты.

Жаңа физикалық теориялар менен концепциялардың илимге ендирилиўинде, оларды түсиндириў ислериндегі Эйнштейннің тутқан орны уллы. Мысал ретинде кеңислик пенен ўақыттың, Ньютон тәрәпинен ашылған пүткил дүньялық тартылыс нызамының орнын ийелейтуғын гравитацияның жаңа теориясын мәнисин түсиндириўдегі оның орны айрықша.

А.Эйнштейн М.Планк пенен бирликте квантлық теорияның тийкарларын дәретти. Дурыслығы көп санлы экспериментлерде беккем түрде тастыйықланған бул концепциялардың барлығы да хәзирги заман физикасының фундаментин қурайды.

Альберт Эйнштейн төмендегідей сыйлықларды алыўға миясар болған:

Физика бойынша Нобель сыйлығы (1921);

Бернард медалы (1921);

Матеуччи медалы (1921);

Копли медалы (1925);

Уллыбританиядағы Корольдың астрономиялық жәмийетинің алтын медалы (1926);

Планк медалы (1926);

Жюль Жансен сыйлығы (1931);

Гиббс лекциясы (1934);

Франклин медалы (1935);

Қысқаша өмирбаяны

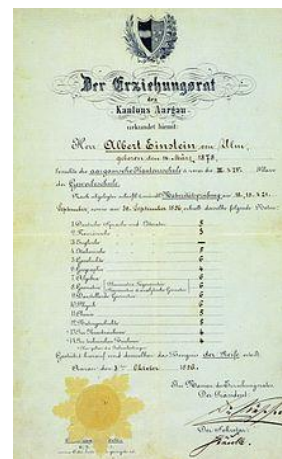
Альберт Эйнштейн 1879-жылы 14-март күни түслик Германиядағы Баден-Вюртенберг жериндегі Дунай дәрьясының жағасындағы Ульм қаласында онша қурғын емес еврей шаңарағында туўылды.



Алымның әкеси Герман Эйнштейн менен анасы Паулина Эйнштейн (турмысқа шықпастан бұрынғы фамилиясы Кох).

Әкеси, Герман Эйнштейн (1847-1902) сол ўақытлары кишкене кәрханаға ийе болған. Анасы, Паулина Эйнштейн (1858-1920) құрғын жасаған мәкке сатыўшы Юлиус Дерцбахердің қызы болған. 1880-жылы жаздың күнлери Эйнштейнлердің шаңарағы Мюнхен қаласына көшкен хәм сол жерде Герман Эйнштейн өзиниң иниси Якоб пенен биргеликте электр үскенелерин сатыў менен шуғылланатуғын кишкене фирманы дүзген.

Басланғыш билимди Альберт Эйнштейн сол жердеги католик мектебинде алған. Ол өзиниң кишкене ўақытлардағы диншил болғанлығын еске түсирген. Бирақ оның диншиллиги 12 жасқа шыққанда дерлик толық жоғалған. Көпшиликке арналған илимий китаптарды оқыўдың салдарынан жас Эйнштейн Библияда жазылғанлардың көпшилигиниң ҳақыйқатлыққа туўры келмейди, ал мәмлекет болса сол жағдайды билсе де жас әўладты алдаў менен шуғылланып атыр деген жуўмаққа келген. Көп жыллар өткеннен кейин ол бала ўақытында Евклидтиң "Басламаларының", Иммануил Канттың китапларының үлкен тәсир жасағанын жийи еске түсирген. Усының менен бирге алты жасынан баслап ол анасының басламасы менен скрипкада ойлаўды үйрене баслаған. Музыкаға қызығыў Эйнштейнде өмириниң ақырына шекем даўам еткен. АҚШ қа келгеннен кейин ол 1934-жылы Германиядан келген илимпаз хәм көркем-өнер ғайраткерлери болған эмигрантлардың пайдасы ушын Моцарттың шығармаларынан туратуғын қайыр-сақаўат концертин берген.



14 жасар Альберт Эйнштейн. А.Эйнштейннің Арау қаласында алған аттестаты. Бул аттестатта баға алты баллық система бойынша қойылған.

Гимназияда (Albert-Einstein-Gymnasium München деп аталатуғын бул гимназия усы күнлерге шекем бар хәм оны хәзир оны қарақалпақ тилине аударғанда Альберт Эйнштейн атындағы гимназия деп атайды) математика хәм латын тили сабақларын есапқа алмағанда ол ең жақсы оқытуғын оқыўшылардың қатарына кирмеди. Сол дәўирлерде орын алған оқыў материалларын механикалық түрде (мәнисине түсинбестен) ядлап алыў системасы, соның менен бирге оқытыўшылар менен оқыўшылар арасындағы авторитарлық қатнас А.Эйнштейнде унамсыз тәсирлерди пайда етти. Оқыўдың усындай түрин ол кейинирек оқыўдың өзине хәм деретиўшилик ойлаўға үлкен зыянын тийдиреди деп түсиндирди.

1894-жылы Эйнштейнлердің шаңарағы Мюнхен қаласынан Милан қаласына жақын болған Павия қаласында көшип, бул жерге ағалы-инили Герман менен Якоб өзиниң фирмасын да көширип алып келген. Ал Альберттиң өзи гимназияның барлық алты классын толық питкерий ушын Мюнхенде ағайинлери менен қалған. Бирақ ержеткенлик аттестатын ала алмай-ақ, ол 1895-жылы Павия қаласындағы шаңарағына қосылған.

1895-жылы гүздің күнлери Алберт Эйнштейн Цюрих қаласындағы Жоқары техникалық училищеге (бул училищени политехникум деп те атайды) кирийге имтиханын тапсырыў хәм оны питкергеннен кейин физика пәни оқытыўшысы қәнигелигин алыў ушын келген. Ол математика бойынша кирий имтиханын ең жоқары балларға тапсырған. Бирақ ботаника менен француз тили бойынша кирий имтиханларында қанаатландырарлық емес бақаларын алып Цюрих политехникумына кире алмаған. Бирақ училищениң директоры Альбертке аттестат алыў хәм қайтадан оқыўға кирий мақсетинде Швейцарияның Арау қаласындағы мектептиң ең соңғы классына кирип бир жыл оқыўды усыныс еткен.

Арау қаласындағы мектепте Эйнштейн өзиниң барлық бос ўақытын Максвелдің электромагниттик теориясын үйрениўге жумсаған. 1896-жылы ол француз тилинен басқа барлық имтиханларды ең жоқары балларға тапсырған хәм сол жылы октябрь айында Политехникумның педагогика факультетине қабыл етилген. Бул жерде ол курсласы математик Марсель Гроссман (1878-1936) менен дос болған. Соның менен бирге ол медицина факультетинде оқытуғын өзинен 4 жас үлкен Сербиядан келген студент қыз Милева Марич (серб тилинде Милева Марийһ, 1875-жылы 19-декабрь күни Австро-Венгриядағы Тител қаласында туўылған хәм 1948-жылы 4-август күни Швейцариядағы Цюрих қаласында кайтыс болған) пенен досласқан хәм кейинирек (1903-жылы) оған үйленген. Кейинирек олар 1 қызлы хәм 2 балалы болған (А.Эйнштейннің биринши перзенти Лизерль атлы қызы 1902-жылы үйленбестен бурын туўылған хәм ол көп жасамай кайтыс болған).

Тап усы жылы ол Германияның пуқаралығынан бас тартқан. Сол ўақытлары Швейцарияның пуқарасы болыў ушын 1000 швейцария франкын төлеў керек екен. Бирақ усындай муғдардағы ақшаны Эйнштейннің кем тәмийинленген шаңарағы тек 5 жыл өткеннен кейин ғана таўып бере алған. Эйнштейннің әкесиниң фирмасы 1896-жылы толығы менен банкрот болған хәм усыған байланыслы оның әке-шешеси Италиядағы Милан қаласына көшип келген. Усы жерде Герман Эйнштейннің бир өзи электр әсбаплары менен саўда ислеўши фирманы ашқан.

Политехникумдағы билим берийдің стили менен усыллары авторитарлық Германиялық мектептиң билим берий стили менен усылларынан түпкиликли түрде айырмаға ийе болған. Сонлықтан А.Эйнштейннің билим алыўы ушын оғада унамлы жағдайлар орын алған. Политехникумдағы оқытыўшылар сол дәўирлердеги

Европадағы ең сауатты илимпазлар қатарына кирген. Солардың ишінде 1864-жылы Россия империясының аймағында туылған хәм кейинирек өзиниң оқыўшысы А.Эйнштейн дөреткен салыстырмалық теориясының геометриялық төрт өлшемли моделин дөреткен немис математиги Герман Минковский (немисше Hermann Minkowski, 1864-жылы 22-июнь күни Россия империясының аймағында туылған хәм 1909-жылы 12-фнварь күни Германия империясындағы Гёттинген қаласында қайтыс болған) хәм белгили немис математиги Адольф Гурвиц (немисше Adolf Hurwitz, 1859-1919) Политехникумда мийнет еткен.

Илимий жумысларының басланыўы

1900-жылы Альберт Эйнштейн Политехникумды тамамлады хәм физика менен математика оқытыўшысы дипломын алды. Питкерий имтиханларын ол табыслы тапсырғаны менен жоқары баҳаларға ийе бола алмады. Көп санлы профессорлар Эйнштейнниң билим алыўдағы қәбилетликлерин жоқары баҳалаған. Бирақ олардың ҳеш қайсысы оның илимий жумыслар менен шуғылланыўына жәрдем бергиси келмеген. Усы жағдайға байланыслы Эйнштейн кейинирек еске түсирген: "Мениң профессорларым менен кемсите берди, олар мениң ойлаўдағы хәм билим алыўдағы ғәрезсиз екенлигимди жақсы көрмеді хәм мениң ушын илимге болған жолды жапты".

Келеси 1901-жылы А.Эйнштейн Швейцарияның пуқаралығын алған болса да 1902-жылға шекем ол турақлы жумыс орнына ийе бола алмады (хәтте мектептиң муғаллими лаўазымына да орналаса алмады). Айлықтың жоқ болыўының салдарынан ол дерлик ашлықта жасады, бир неше күнлер қатарына ыссы аўқат жей алмады. Бул жағдай оның өмириниң ақырына шекем баўырының жақсы ислемиўине алып келди.

1900-1902 жылларындағы жумыссызлық оның физика бойынша билиминиң тереңлетиўине хәм илим менен шуғылланыўына кесент ете алмады. 1901-жылы 22 жасында Берлин қаласында шығатуғын хәм физика илиминиң машқалаларына арналған "Annalen der Physik" журналында оның капиллярлық теориясы тийкарында суйықтықтың атомлары арасындағы тартылыс күшлерин таллаўға бағышланған "Капиллярлық теориясының нәтийжелери (Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen)" деп аталатуғын биринши илимий мақаласы жарық көрди.

Жумысқа орналысыў бойынша пайда болған қыйыншылықтан шығыўға оның бурынғы курсласы Марсель Гроссман жәрдем берген. Ол Эйнштейни Берн қаласындағы айлығының жыллық муғдары 3500 франк болған ойлап табыўларды патентлеўдиң Федераллық Бюросындағы III класс эксперт лаўазымына усынды. Биз Эйнштейнниң студентлик жыллары бир жылда 1200 франк алғанын хәм усындай ақшаға да күн көргенлигин атап өтемиз.

Эйнштейн Патентлер бюросында 1902-жылдың июлинен 1909-жылдың октябрине шекем дерлик 7 жыл жумыс иследи. Бул жерде ол тийкарынан ойлап табыў ушын патент алыўға берилген арзаларға экспертлик баҳа берий менен шуғылланды. Бундай жумыстың характери Эйнштейнге бос ўақытларын теориялық физика тараўында изертлеў жумысларына бағышлаўға толық мүмкиншилик берди.

1902-жылы октябрь айында А.Эйнштейн Италиядан әкесиниң наўқасланғанлығы ҳаққында хат алады. Әкесиниң аўхалларынан хабар алыўға барғаннан кейин бир неше күн өткен соң Герман Эйнштейн қайтыс болады.

1904-жылдан баслап Альберт Эйнштейн Германиядағы ең күшли физикалық журнал болған "Физиканың анналлары" журналы менен бирге ислесе баслаған. Журналдың реферативлик қосымшасы ушын ол термодинамика бойынша шыққан жаңа мақалалардың аннотацияларын, рефератларын жазған. Усындай жумыслардан

топланған абырайдың нәтижесінде болса керек, 1905-жылы "Физиканың анналлары" журналы оның физика илиминдегі оғада әхмийетли болған бир катар мақалаларының жарық көріуіне мүмкіншилик берди.

1905-жыл – "Кәраматлар жылы" – физика илиминдегі уллы бурылыслар жылы

Физика илиминің тарихында 1905-жылды "Кәраматлар жылы" деп атайды (Латын тилинде Annus Mirabilis). Усы жылы "Annalen der Physik" (физиканың анналлары) деп аталатуғын физиканың машқаласына бағышланған немис илимий журналы жаңа илимий революцияның басланыуы болып табылатуғын Альберт Эйнштейннің төмендегидей төрт оғада әхмийетли мақаласын жарыққа шығарды (биз А.Эйнштейннің 1905-жылы хәр қыйлы илимий журналларда 25 илимий хәм реферативлик мақалаларының басылып шыққанлығын атап өтеміз):

1. "Қозғалыушы денелер электродинамикасына" (немис тилинде "Zur Elektrodynamik bewegter Körper", қарақалпақ тилиндегі аудармасы abdikamalov.narod.ru сайтында). Усы мақаладан салыстырмалық теориясы басланады.

2. "Жақтылықтың пайда болыуы менен айланысына тийисли болған бир эвристикалық көз-қарас ҳаққында" (немис тилинде "Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichts betreffenden heuristischen Gesichtspunkt", қарақалпақ тилиндегі аудармасы abdikamalov.narod.ru сайтында). Бул мақала квантлық теорияның фундаменти қаланған мақалалардың бири болып табылады хәм онда фотоэлектрлик эффект қубылысының теориясы баянланған.

3. "Жыллылықтың молекулалық-кинетикалық теориясы тәрөпинен талап етилетуғын тынышлықта турған суйықлықтың ишинде жүзип жүрген бөлекшелердің қозғалысы ҳаққында" (Немисше Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen, қарақалпақ тилиндегі аудармасы abdikamalov.narod.ru сайтында). Бул жұмыс браун қозғалысына бағышланған хәм статистикалық физиканы әдеуір алға қарай рауажландырған жұмыс болып табылады.

4. 1905-жылдың ақырында шыққан "Денениң массасы усы денеде топланған энергиядан ғәрезли ме? (немис тилинде "Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig?", қарақалпақ тилиндегі аудармасы abdikamalov.narod.ru сайтында) мақаласында физика илиминің ең уллы формуласы болған масса менен энергияны байланыстыратуғын $E = mc^2$ формуласы жарық көрди. Сентябрь айында жазылған бул үлкен емес мақала "Денениң массасы онда топланған энергияның өлшеми болып табылады: егер энергия L шамасына өзгеретуғын болса, онда масса сәйкес $1/(9 \cdot 10^{20})$ шамасына өзгереді. Бул аңлатпада энергия эрглерде, ал масса граммларда берилген.

Энергиясы үлкен дәрежеде өзгеретуғын затлар ушын теорияны тексерип көриу мүмкіншилиги жоқ емес (мысалы радий дузлары ушын).

Егер теория фактлерге сәйкес келсе, онда нурланыу нурланыушы хәм жутыушы денелер арасында инерция алып барады".

А.Эйнштейнге "сизге салыстырмалық теориясын дөрөтиудің сәти қалай түсти" деген мазмундағы сорауды жийи берген. Ол ярым хәзил ретинде былайынша жууап берген: "Неликтен салыстырмалық теориясын мен дөрөттим? Тап усындай сорауды мен өзиме берсем, маған себеби мынадай болып көринеди. Ерөсек адам әдетте кеңислик пенен уақыт машқаласы ҳаққында хеш нәрсе де ойламайды. Оның пикири бойынша сол машқала ҳаққында бала уақытта ойлаған. Ал менен болсам интеллектуаллық жақтан әсте-ақырынлық пенен рауажландым. Сонлықтан мен

кеңіслік хәм уақыт хаққында үлкейгеннен кейин ғана ойлай басладым. Нәтийжеде мен әдеттеги кишкене балаларға салыстырғанда машқалаға терең кире алдым".

Арнайлы салыстырмалық теориясы (special relativity)

XIX әсирдің ақырына шекем электромагнитлик қубылыстардың материаллық алып жүриўшиси сыпатында гипотезалық орталық болған эфир қабыл етилди. Бирақ XX әсирдің басында бундай орталықтың қәсийетлериниң классикалық физикаға сәйкес келмейтуғынлығын белгили бола баслады. Бир тәрептен жақтылықтың аберрациясы қубылысы эфирдің (егер эфир бар болса) абсолют қозғалмайтуғын орталық екенлигин аңлатты. Ал Физо тәжирийбесиниң жуўмақлары эфирдің қозғалыўшы денелер тәрепинен толық емес түрде алып жүрилетуғынлығы хаққында мағлыўматларды берди. Бирақ Майкельсонның 1881-жылы өткерилген тәжирийбелери эфирдің (яғный "эфирлик самалдың") пүткиллей жоқ екенлигин көрсетти (Майкельсонның оғада жоқары дәлликке ийе бул эксперименталлық жумысы физика илиминдеги фундаменталлық әҳмийетке ийе экспериментлердің қатарына киреди).

1892-жылы Нидерландиялы физик-теоретик Хенрик Антон Лоренц (нидерланд тилинде Hendrik Antoon Lorentz, 1853-1828) хәм оннан ғәрезсиз түрде ирландиялы физик Джордж Френсис Фицджеральд (инглиз тилинде George Francis Fitzgerald, 1851—1901) эфир бар, ол қозғалмайды, ал қәлеген денениң узынлығы қозғалыс бағытында қысқарады деп болжады хәм физика илиминде кеңнен белгили болған $\Delta l = l\sqrt{1 - v^2/c^2}$ формуласын келтирип шығарды. Бул жағдай оғада әҳмийетли болған "неликтен денениң узынлығы "эфирлик самалды" дәл компенсациялайтуғындай хәм сонлықтан эфирдің өзін табыўға мүмкиншилик бермейтуғындай шамада қысқарады?" деген мазмундағы екинши сораўды пайда етти. Усының менен бир уақытта электродинамикадағы Максвелл теңлемелериниң координаталарды түрлендириўлердің қандай түрине қарата инвариант екенлиги изертлене баслады. Дурыс формулаларды ең биринши рет 1900-жылы Джозеф Лармор (Sir Joseph Larmor, Ирландия физиги, 1857-1942), кейинирек 1905-жылы уллы француз илимпазы (математик, механик, физик, астроном хәм философ) Анри Пуанкаре (французша Jules Henri Poincaré, 1854-1912) алды. А.Пуанкаре координаталарды түрлендириў формулаларының группалық қәсийетлерге ийе екенлигин де дәлилледи хәм алынған түрлендириў формулаларын Лоренц түрлендириўлери деп атаўды усинды.

Улыўма физика курсында бириншиси қозғалмайтуғын (K), ал екиншиси бириншисине салыстырғанда х көшериниң бағытында v тезлиги менен қозғалатуғын (K') инерциаллық есаплаў системалары ушын түрлендириў формулаларының

$$\begin{aligned}x' &= \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \\y' &= y, \\z' &= z, \\t' &= \frac{t - (v/c^2)x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\end{aligned}$$

түрине ийе болатуғынлығын аңсат келтирип шығарады. Бул релятивистлик физиканың ең әҳмийетли формулаларының бири болып табылады хәм ол матрицалық түрде бир қанша ықшамлы түрде жазылады:

$$\begin{bmatrix} ct \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma & \frac{v}{c}\gamma & 0 & 0 \\ \frac{v}{c}\gamma & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} ct' \\ x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix}.$$

Бул формулада $\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$.

А.Пуанкаре өзінің ишине электродинамиканың да қамтытуын салыстырмалық принципнің улыұмаластырылған формулировкасын да берді. Бірақ усы жағдайға қарамастан ол эфирди мойынлаўды даўам етти хәм соның менен бирге эфирди ҳеш қашан бақланбайды деген надурис пикирди қоллап-қуўатлады. 1900-жылы болып өткен физикалық конгрессте ол ўақыялардың бир ўақытлылығының абсолют емес екенлиги ҳаққындағы идеяны биринши рет ортаға қойды. Усының менен бирге жақтылықтың тезлигиниң шеклик тезлик екенлигин де болжады. Бул жағдайлар ХХ әсирдиң басында бир бири менен сәйкес келмейтуғын еки кинематиканың бир ўақытта өмир сүргенлигин, олардың бириншисиниң Галилей түрлендириўлерине ийе классикалық кинематика, ал екиншисиниң Лоренц түрлендириўлерине ийе электромагнитлик кинематика екенлигин билемиз.

Альберт Эйнштейн болса сол дәўирлердеги ең ири илимпазлардың пикирлеринен ғәрезсиз өзінше ой жүгиртти. Оның идеясы бойынша классикалық кинематика электромагнитлик кинематиканың киши тезликлер ушын орынланатуғын жуўық түри болып табылады. Ал эфирдиң қәсийетлери деп есапланып келген қәсийетлердиң барлығы да кеңислик пенен ўақыттың объективлик қәсийетлериниң өзи болып табылады. Эйнштейн бақланыўы мүмкин емес эфирди пайдаланыў ақылға муўапық келмейди хәм машқаланың тийкарғы хәм бирден бир тамыры динамикада емес, ал тереңирек, кинематикада жатыр деп есаплады. Биз жоқарыда атап өткен "Қозғалыўшы денелер электродинамикасына" атамасындағы мақаласында ол төмендегидей еки постулатты усынды: улыұмалық салыстырмалық принципи хәм жақтылықтың тезлигиниң турақлылығы. Бул постулатлардан Лоренц қысқарыўы, Лоренц түрлендириўлериниң, бир ўақытлылықтың салыстырмалығы формулалары, соның менен бирге тезликлерди қосыўдың жаңа формуласы аңсат келтирилип шығарылады.

Сол дәўирде жасаған илимпазлардың бир бөлими бул теорияны дәрхәл түсинди хәм 1906-жылы теория "арнаўлы салыстырмалық теориясы" деген атамасына ийе болды. М.Планк 1906-жылы хәм А.Эйнштейнниң өзи релятивистлик динамика менен термодинамиканы дәретти. Алымның бурынғы муғаллими Герман Минковский 1907-жылы салыстырмалық теориясының төрт өлшемли евклидлик емес геометриясы түриндеги салыстырмалық теориясының кинематикасының математикалық моделин хәм усындай төрт өлшемли дүньяның инвариантлар теориясын ислеп шықты.

Биз арнаўлы салыстырмалық теориясын дәретиўде уллы француз алымы А.Пуанкарениң жүдә жақын келгенлигин, бірақ эфир көз-қарасы оған ақырғы қәдемди қойыўға кесент жасағанын, усы жағдайға қарамастан оның инвариантлар теориясы бойынша ең биринши жумысты 1905-жылы орынлағанын атап өтемиз.

ХХ әсирдиң басында көп санлы илимпазлар Эйнштейнниң жаңа физикасын дым революциялық физика деп қабыл етти. Хәқыйқатында да бул теория эфирди (дүньялық эфирди), абсолют кеңислик пенен абсолют ўақыт түсиниклерин толық бийкарлады. 200 жыл даўамында физика илиминде хәким сүрген хәм дурыслығы экспериментлерде тастыйықланған Ньютон механикасының толық дурыслығына

гүмән пайда етти. Салыстырмалық теориясында хәр қыйлы есаплау системаларында ұақыт хәр қыйлы тезликлер менен өтеди, затлардың узынлығы тезликтен ғәрезли болады, жақтылықтың тезлигинен үлкен тезликлер менен қозғалыудың мүмкиншилиги жоқ, "егизеклер парадоксы" сыяқлы парадокслер пайда болады. Бул жағдайлардың барлығы да илимий жәмәеттің консервативлик бөлими тәрәпинен қабыл етилмеди. Арнаулы салыстырмалық теориясы экспериментте бақланыуы мүмкин болған хеш бир физикалық қубылыстың бар екенлигин болжамады хәм бул жағдай мәселени және де қурамаластырды. Мысалы бир қатар абырайлы физиклер 1905-1909 жыллары орынланған Вальтер Кауфманның жұмыстарының нәтижелери арнаулы салыстырмалық теориясының тийкары болған салыстырмалық принципін толық бийкарлайды деп есапланды. Бирақ кейинирек керисинше сол Вальтер Кауфманның тәжирийбелериниң жуўмақларының арнаулы салыстырмалық теориясының салыстырмалық принципиниң дурыслығын тастыйықлайтуғыны 1914-1916 жыллары мойынлана баслады. Базы бир физиклер 1905-жылдан кейін альтернативлик теорияларды дәрәтиўге тырысты (мысал ретинде 1908-жылы баспа сөзде жәрияланған Ритцтың теориясын келтириўге болады). Бирақ кейинирек альтернативлик теориялардың хеш қайсысының нәтижелериниң өткерилген экспериментлер берген нәтижелерге сәйкес келмейтуғынлығы мәлим болды.

XX әсирдиң басында жасаған көп санлы белгили физиклер классикалық механиканың хәм эфир концепциясының тәрәпдарлары болып қалыўды даўам етти. Олардың қатарына Нобель сыйлығының лауреатлары Лоренц, Дж.Дж.Томсон, Ленард, Нернст, Винлер киреди. Аты аталған илимпазлардың айырымлары (мысалы Лоренц) арнаулы салыстырмалық теориясының нәтижелерин бийкарламады, бирақ сол нәтижелерди эфир концепциясы тийкарында қараўды даўам етти. Олар Эйнштейн-Минковскийдиң кеңисликлик-ұақытлық концепциясын ҳақыйқатлыққа сәйкес келмейтуғын базы бир математикалық усыл сыпатында қабыл етиўди мақул деп есаплады.

Арнаулы салыстырмалық теориясының постулатларының дурыс екенлиги арадан онлаған жыллардан соң улыўмалық салыстырмалық теориясының беретуғын нәтижелериниң ҳақыйқатында да орын алатуғынлығын экспериментлерде тексерип көриўдиң барысында тастыйықланды. Ұақыттың өтиўи менен арнаулы салыстырмалық теориясының өзиниң дурыс екенлигин тастыйықлайтуғын басқа да тәжирийбелердиң нәтижелери топлана баслады.

Квантлық теория

Физикадағы жыллылық нурланыўы деп аталатуғын қубылыстың нызамларын изертлеў квантлық теорияның пайда болыўындағы тийкаргы себеп болып табылады. Бул мәселени шешиў ислери менен XIX әсирдиң ақыры менен XX әсирдиң басында ең күшли физиклер шуғылланды.

Температурасы 0 К шамасына тең болмаған қәлеген дене өзинен жыллылық энергиясын электромагнитлик толқынлар түринде нурландырады. Температура менен нурланыў интенсивлиги хәм нурланған электромагнитлик толқынның жийилиги арасында қатаң түрдеги қатнастың бар екенлигин көп санлы экспериментлер көрсетти (мысалы Винниң ауысыў нызамы, англиз тилинде Wien's displacement law). Қубылысты классикалық электродинамиканың нызамлары тийкарында теориялық изертлеў физика тарийхында "Ультрафиолет катастрофа" ("ultraviolet catastrophe") деп аталатуғын қубылыстың орын алыўының шәрт екенлиги анық болды (Рэлей-Джинс нызамы, англиз тилинде Rayleigh-Jeans law). Бирақ бундай катастрофа экспериментлерде бақланбады.

Теория менен эксперименттердің нәтижелерін бір бирине сәйкес келтіріу мақсетінде 1900-жылдың ақырында ұллы немис физик-теоретиги Макс Планк (немисше Max Karl Ernst Ludwig Planck; 1858-жылы 23-апрель күні туылған хәм 1947-жылы 4-октябрь күні қайтыс болған) тәбияттаныу илимлери ушын әхмийети оғада ұллы болған мынадай постулатты ұсынды (Planck's law): затлар жыллылық энергиясын үзликсиз емес, ал порциялар түрінде (дискрет) нурландырады ямаса жутады, ал энергияның сол порциясының шамасы нурланған электромагнит толқынының жийилигінен ғәрезли хәм порцияның шамасы $E = \hbar\omega = h\nu$ формуласының жәрдеминде есапланады [бул аңлатпада h арқалы Планк турақлысы, ν арқалы нурланған толқынның жийилиги, \hbar арқалы келтірилген Планк турақлысы (бул шаманы Дирак турақлысы деп те атайды) ал ω арқалы цикллық жийилик белгиленген]. Базы бир ўақытлар даўамында усы гипотезаның авторының өзи оны қандай да бир математикалық усыл сыпатында қабыл етти. Бирақ А.Эйнштейн өзиниң жоқарыда атап өтилген 1905-жылғы екінши мақаласында Планк гипотезасының оғада зор нәтижелерін сезип, оны фотоэлектрлик эффект (фотоэффект) нызамларын түсиндириу ушын табыслы қолланды. Эйнштейн тек нурланыу ғана емес, ал жақтылықтың тарқалыуы да, жутылыуы да дискрет деген болжауды ұсынды. Кейинирек белгили химик Гилберт Льюисттің 1926-жылдағы усынысы менен Эйнштейн ұсынған жақтылықтың квантларын (порцияларын) фотонлар деп атай баслады. Бул жағдай фотоэффекттиң төмендегидей еки жумбағын түсиниуге мүмкиншилик береді:

1. Фототок (яғный фотоэффект қубылысының өзи) жақтылықтың қәлеген жийилигінде емес, ал шамасы фотоэффект қубылысын изертлеуде пайдаланып атырған металдың физикалық тәбиятынан ғәрезли болған белгили бир жийиликлерден үлкен болған жийиликлерде ғана бақланады. Себеби неде?

2. Металдың бетинен ушып шыққан электронлардың (фотоэлектронлардың) энергиясы менен тезлиги келип түскен жақтылықтың интенсивлигінен емес, ал жийилигінен ғана ғәрезли! Неликтен?

Эйнштейннің фотоэффект теориясының нәтижелери тәжирийбелерде алынған мағлұматларға жоқары дәлликте сәйкес келеді.

Дәслепп жақтылықтың дискрет структураға ийе болады деген көз-қарасқа көпшилик физиклер исенбеди. Хәтте М.Планктің өзине квантлардың ҳақыйқатында да бар екенлигин түсиндириуге Эйнштейннің өзи көп күш салған. Бирақ электромагнитлик энергияның дискрет екенлигин дәлиллейтиуын эксперименталлық нәтижелердің көбейиуи скептиклерди исендире баслады. 1923-жылы Комптон эффектиниң ашылыуы бул мәселеде ең кейинги ноқатты қойды.

1907-жылы А.Эйнштейн қатты денелердің жыллылық сыйымлығының квантлық теориясын дәретти хәм немисше "Planckshe Theorie der Strahlung und die Theorie der Spezifischen Wärme (Планктің нурланыу теориясы хәм салыстырмалы жыллылық теориясы)" атамасы менен Annalen der Physics (ser. 4) журналының 22-томының 180-190 бетлерінде жарыққа шығарды. Бул теория бойынша қатты денелердің жыллылық сыйымлығы абсолют нол температурада нолге тең, ал нолден жоқары температураларда температураның квадратына ғәрезли, ал жоқары температураларда болса жыллылық сыйымлығы температурадан пүткил ғәрезсиз (Дюлонг-Пти нызамы).

Өзиниң теориясын дәреткенде Эйнштейн төмендегидей болжауларға сүйенди:

Қатты денелердеги (кристаллық денелердеги) атомлар бир бири менен тәсирлеспейтуғын грамоникалық осцилляторлардай болып тербеледі.

Барлық осцилляторлардың жийиликлери бирдей хәм $\nu = \omega/2\pi$ шама сына тең.

Заттың 1 молиндеги осцилляторлардың саны $3N_A$ шамасына тең (N_A арқалы Авагадро саны белгиленген).

Осцилляторлардың энергиясы квантланған хәм ол $\varepsilon = n\hbar\omega$ шамасына тең (бул аңлатпада n арқалы пүтин сан белгиленген).

Хәр қыйлы энергияға ийе болған осцилляторлардың саны N Больцман тарқалыуының математикалық аңлатпасы болған $N = N_0 \exp\{-\frac{\hbar\omega}{kT}\}$ формуласының жәрдемінде анықланады. Бул формулада k арқалы Больцман турақлысы, ал T арқалы термодинамикалық температура белгиленген (жоқарыда температура хаққында гәп етилгенде термодинамикалық температураның нәзерде тутылғанын атап өтемиз). Усындай көз-қарасларда турып жыллылық сыйымлығы ушын

$$C = \frac{dU}{dT} = 3R \left(\frac{\hbar\omega}{kT} \right)^2 \frac{\exp\left\{\frac{\hbar\omega}{kT}\right\}}{\left(\exp\left\{\frac{\hbar\omega}{kT}\right\} - 1\right)^2}$$

формуласына ийе боламыз. Бул формула менен есапланған нәтийжелер төменги температуралар ушын өткерилген экспериментлердің нәтийжелери менен дәл сәйкес келмейди (экспериментлер шама менен $T < 50\text{ K}$ болған температуралар интервалында жыллылық сыйымлығының термодинамикалық температураның 3-дәрежесинен ғәрезли екенлигин көрсетеди). Бул жағдай теорияның базы бир болжауларының дәл емес екенлиги менен байланысly (атап айтқанда барлық осцилляторлардың бирдей жийиликлер менен тербелиуи хаққындағы болжау хақыйқатлыққа дәл сәйкес келмейди).

Кристаллық қатты денелердің әдеуір дәл теориясы 1912-жылы Нидерландиялы физик хәм физикохимик Петер Дебай (инглиз тилинде Peter Joseph Wilhelm Debye, нидерланд тилинде Petrus Josephus Wilhelmus Debye; 1884-жылы Нидерландияда тууылған хәм 1966-жылы АҚШ та қайтыс болған, 1936-жылы химия бойынша халық аралық Нобель сыйлығын алыуға миясар болған) тәрәпинен Дебай модели (Debye model) түрінде усынылды.

Броун қозғалысы

1827-жылы Роберт Броун (инглиз тилинде Robert Brown, 1773—1858) әдеттеги оптикалық микроскоптың астында сууда жүзип жүрген шаң бөлекшелеринің хаотик (пүткіллей тәртипсиз) қозғалысын бақлады хәм бул қубылысты тәрйииплеп мақала жазған. А.Эйнштейн болса молекулалық теорияның тийкарында усындай қозғалыстың статистикалық-математикалық моделин дүзди. Диффузияның бул модели тийкарында молекулалардың өлшемлерин хәм көлемнің бир бирлигиндеги олардың санын жоқары дәлликте анықлау мүмкин. Эйнштейн менен дерлик бир ўақытта тап усындай жуўмаққа Польша физик-теоретиги Мариан Смолуховский де (фон Смолан-Смолуховский, поляк тилинде Marian Smoluchowski; 1872-жылы 28-май күни Вена қаласының қасында тууылған хәм 1917-жылы 5-сентябрь күни Краков қаласында қайтыс болған) келген еди. Оның мақаласы Эйнштейннің мақаласы баспа сөзде жәрияланғаннан соң бир неше айдан кейин жарық көрди. Өзинің статистикалық механика бойынша жұмыстарын "Молекулалардың өлшемлерин жаңаша жоллар менен анықлау" атамасы менен 1905-жылы диссертация сыпатында Политехникумға усынды хәм сол жылы физика бойынша философия докторы илимий дәрежесин алды. Келеси жылы өзинің теориясын "Броун қозғалысының теориясына" атамасы менен шыққан мақалада раўажландырды хәм буннан кейин де ол усы темаға бир неше рет қайтып келди.

Көп узамай Перрен тәрепинен өткерилген эксперименттерде Эйнштейн моделинің дұрыс екенлигі толық дәлилденді. Бул молекулалық-кинетикалық теорияның ең биринши эксперименталлық дәлилі еді.

А.Эйнштейн 1917-жылы статистикалық көз-қараслардан келип шыққан қалда (атап айтқанда тең салмақтық нурланыуының нызамлары тийкарында) сыртқы электромагниттік майданның тәсиринен пайда болатуғын нурланыудың жаңа түрінің бар екенлигін болжады (хәзирги уақыттары бундай нурланыуды индукцияланған нурланыу деп атайды). Усы қубылыс тийкарында 1950-жыллардың басында индукцияланған нурланыуды пайдаланыу жолы менен жақтылықты хәм редиотолқынларды күшейтиудің усылы табылды. Буннан кейинги жыллары бул қубылыс лазерлер теориясының тийкарына айланды.

1905-1914 жыллар. Берн-Цюрих-Прага-Цюрих-Берлин

1905-жылы орынлаған жұмыслары бирден болмаса да А.Эйнштейнге дүньялық даңқ алып келді. 1905-жылы 30-апрель күні ол Цюрих университетіне биз жоқарыда гәп еткен "Молекулалардың өлшемлерін жаңаша жоллар менен анықлау" темасындағы докторлық диссертациясын жиберген. Жұмыстың рецензенттері сыпатында профессорлар Кляйнер хәм Буркхардлар тастыйықланған. 1906-жылы 15-январь күні ол физика бойынша илим докторы дәрежесін алыуға миясар болды. Сол уақыттары ол дүньядағы ең белгилі физиклер менен хат алысқан хәм ушырасқан. Ал Берлин қаласында іслеуші М.Планк болса салыстырмалық теориясын өзіннің оқыу курсына киргизген. Өзіннің хатларында Германияның ең ири алымларының бири Планк Эйнштейнді "профессор мырза" деп атаған. Бирақ тәуірлеу жұмысқа орналаса алмаған Эйнштейн буннан кейін де төрт жыл дауамында ол Цюрих қаласындағы патентлер бюросында жұмыс іслеуін дауам етиуге мәжбүр болған. 1906-жылы оның ийелеген лауазымын жоқарылатқан хәм III класс экспертліктен II класс эксперти лауазымына өткерилген хәм усыған сәйкес айлығының муғдары азмаз көбейген. 1908-жылы октябрь айында оны Берн университетіне факультативтік курсты оқыуға шақырған (бирақ айлықсыз). 1909-жылы ол Зальцбург қаласындағы натуралисттердің съездине қатнасқан. Бул съездге барлық немис физикасының ең ири уәкиллери келген. Усының нәтижесінде ол биринши рет М.Планк пенен жүзбе-жүз ушырасып, өмиріннің ақырына шекем олар дос болған.

1909-жылдың ақырында А.Эйнштейн Цюрих университетінде айлық төленетуғын экстраординарлық профессор лауазымын алған. Бул оқыу орнында оның ески досты Марсель Гроссман геометриядан сабақ берген. 1911-жылы болса Эйнштейн Прага қаласындағы немис университетіне физика кафедрасын басқару ушын шақырылған. Усы уақыттары ол термодинамика, салыстырмалық теориясы хәм квантлық теория бойынша изертлеулерди хәм сол изертлеулер бойынша илимий мақалалар жазыуды дауам еткен. Прага қаласында ол тартылыс теориясы бойынша изертлеу жұмысларына айрықша дыққат аударған хәм усыған байланысly релятивисттік гравитация теориясын дөретіп, бул областтан Ньютонлық алыстан тәсирлесіуді сапластыруу жұмысларына қызғын түрде киріскен.

1911-жылы А.Эйнштейн Брюссель қаласында өткерилген хәм квантлық физикаға бағышланған Сольвеев конгрессіне қатнасқан хәм сол жерде А.Пуанкаре менен биринши хәм ең ақырғы рет ушырасқан. А.Пуанкаре болса сол уақыттары салыстырмалық теориясын бийкарлауды дауам еткен, бирақ А.Эйнштейнге үлкен хүрмет пенен қараған.

Бир жыл өткеннен кейін А.Эйнштейн Цюрих қаласына қайтып келеді хәм өзі оқыған Политехникумның профессоры лауазымына өтіп, сол жерде физика бойынша лекциялар оқиды. 1913-жылы болса ол Вена қаласында болып өткен

тәбиаттаныу бойынша алымлардың Конгрессине қатнасып, ол жерде 75 жасқа шыққан австриялы физик, механик хәм философь Эрнст Мах (немисше Ernst Mach, 1838-жылы 18-февраль күни хәзирги Чехияның Брно қаласында тууылған хәм 1916-жылы 19-февраль күни Германиядағы Мюнхен қаласында қайтыс болған) пенен ушырасады. Бир уақытлары Мах тәрәпинен Ньютон механикасының әшкараланыуы Эйнштейнге үлкен тәсир еткен еди хәм бул тәсир ең ақырында салыстырмалық теориясының дәретилиуине өзиниң үлкен үлесин қосты.

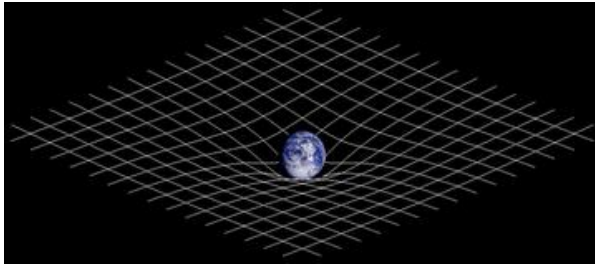
1913-жылдың ақырында Макс Планк пенен Вальтер Герман Нернсттың (немисше Walther Hermann Nernst, 1864-жылы 25-июнь күни Бризен қаласында тууылып, 1941-жылы 18-ноябрде Обер-Цибелле қаласында қайтыс болған немис химиги, 1920-жылы "оның термодинамика бойынша жумысларын мойынлаудың белгиси ретинде" химия бойынша Нобель сыйлығын алыуға миясар болған) усыныслары тийкарында Берлин қаласында шөлкемлестирилип атырған физикалық изертлеу институтын басқарыуға шақырыу хатын алған. Соның менен бирге оны Берлин университетиниң профессоры лауазымына жумысқа алыу хәм М.Планкке жақын қатнасының бар болыуының себебинен профессор лауазымындағы А.Эйнштейнди сабақ бериу уазыйпасынан азат етиу бойынша усыныс алған. Ол усынысларды қабыл етип Биринши Жер жүзилик урыстың алдында 1914-жылы пацифист (зорлық, күш көрсетиуге қарсы адам) А.Эйнштейн Берлин қаласына келеди. Милева еки баласы менен Цюрихте қалған хәм шаңарақ бузылған. Арадан бес жыл өткеннен кейин 1919-жылы февраль айында олар рәсимий түрде ажырасқан.

Бир қатар адамлардың айтыуы бойынша термодинамика бойынша өзиниң лекцияларын В.Г.Нернсттың мынадай сөзлер менен баслағанын атап өтемиз: "Термодинамиканың басламасы көп адамлардың ийнинде турыпты, екінши баслама аз сандағы адамлардың ийнинде тур, ал термодинамиканың үшінши басламасы тек бир адамның – мениң ийинимде тур".

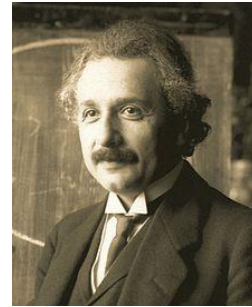
Улыұмалық салыстырмалық теориясы

Ояныу дәуиринде уллы француз ойшылы, философ, математик, механик, физиолог, аналитикалық геометрияның дәретиушиси Рене Декарт (французша René Descartes, латынша Renatus Cartesius—Картезий; 1596-жылы Франциядағы Лаэ қаласында тууылған хәм 1650-жылы Стокгольм қаласында қайтыс болған) Әлемдеги барлық процесслерди материяның бир түри менен екінши түри арасындағы локаллық тәсирлесию арқалы түсиндириледи деп дағазалады. Илимий көз-қараслар бойынша бул жақыннан тәсирлесию ҳаққындағы идея тәбийий идея болып табылады. Бирақ Ньютон дәреткен пүткил дүньялық тартылыс ызымының тийкарғы идеясы өзиниң оғада дәл болыуына қарамастан жақыннан тәсирлесию идеясына қайшы келеди. Бул ызымда тартысу күшиниң бос кеңислик арқалы шексиз үлкен тезлик пенен алып берилиуи ҳеш кимге де түсиниксиз еди (ҳақыйқатында да, $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ түринде жазылатуғын ызымда тәсирлесию күши болған F күшиниң қандай тезлик пенен тарқалатуғынлығы ҳаққында ҳеш қандай мағлыұмат жоқ). Өзиниң мазмуны бойынша Ньютонның модели ҳеш бир физикалық мәниске ийе болмаған математикалық модель болып табылады. Еки әсир дауамында алымлар жағдайды дурыслау, шексиз үлкен тезлик пенен тарқалатуғын узақтан тәсир етисию деп аталатуғын мистикалық тәсирлесиюден қутылып, тартылыс теориясына ҳақыйқый физикалық мазмун бериуге тырысты. Әсиресе Максвелл электродинамикасы дәретилгеннен кейин Ньютонның пүткил дүньялық тартылыс ызымы физика илиминдеги узақтан тәсир етисиюди өз ишине алатуғын жалғыз теорияға айланды. Әсиресе арнаулы салыстырмалық теориясы дәретилгеннен кейин

бундай теория улыұмалық физикалық талаптарды пүткіллей қанаатландыра алмады. Мысалы, Ньютонның тартылыс теориясы Лоренц түрлендіріулеріне қарата инвариант емес теория болып шықты. Бірақ А.Эйнштейнге шекем пайда болған ситуацияны дурыслау ҳеш кимнің де қолынан келмеди.



Киши дене (сүўретте Жер) тәрeпинен кеңисиктиң майыстырылыуы.



А.Эйнштейннің 1921-жылдағы сүўрети.

Альберт Эйнштейннің тийкарғы идеясы дым әпиұайы еди: тартылысты алып жүриуши материаллық орталық кеңисиктиң (дурысырағы кеңислик-ұақыттың) өзи болып табылады (ҳеш қандай эфир емес, электромагнит майданы сыяқлы физикалық майдан да емес, ал кеңислик-ұақыттың өзи). Тартылыс майданында барлық денелердің бирдей тезлениу менен қозғалатуғынлығы нәзерде тутқанда басқа қосымша түсиниклерди пайдаланбай гравитацияны тек төрт өлшемли евклидлик емес кеңислик-ұақыттың қәсийетинің көриниуи деп қарау идеясы пайда болды (буны Эйнштейннің "эквивалентлик принципи" деп атайды). Усындай көз-қарастан турып қарағанда материаллық процеслер ушын төрт өлшемли кеңислик "тегис емес хәм белгили бир физикалық қәсийетлерге ийе" континуум болып табылады. Бундай кеңислик-ұақыттың өзине тән физикалық атрибутлары (қәсийетлери) болып, бундай атрибутлардың қатарына оның метрикасы менен қыйсықлығы (майысыуы) киреди. Бундай атрибутлар кеңислик-ұақытта жүретуғын процеслерге тәсир етеди хәм атрибутлардың өзлери сол процеслерден ғәрезли болады.

Демек, егер арнаулы салыстырмалық теориясы майыспаған (қыйсаймаған) кеңисиктиң теориясы болып табылатуғын болса, онда Эйнштейннің айтыуы бойынша улыұмалық салыстырмалық теориясы кеңислик-ұақыттың улыұмалық теориясы болып табылады. Бундай жағдайда кеңислик-ұақыт өзгермели метрикаға ийе болады (дифференциаллық геометрияда буны псевдориманлық көп түрлилик деп атайды). Материяның (соған сәйкес энергияның) қатнасыуы кеңислик-ұақыттың майысыуына алып келеди. Сол материяның энергиясы қаншама үлкен болса майысыу да күшлирек болады. Усындай көз-қараста турып ойлағанда Ньютонның тартылыс теориясы жаңа теорияның тек бир жууық (дара) бөлими болып ғана қалады (бул теорияда кеңислик-ұақыттың метрикасының ұақытлық қураушысы ғана өзгереді, ал кеңислик болса Пифагор теоремасы дәл орынланатуғын евклидлик кеңислик болып табылады). Гравитацияның уйытқыуларының тарқалыуы (яғнай тартылыс пайда ететуғын массалар қозғалғанда метриканың өзгериси) шекли тезлик пенен тарқалады хәм усыған байланыслы узақтан бир заматта тәсир етисиу физика илиминде толық сапластырылады.

Жоқарыда келтирилген мағлыұматлар гравитация теориясы болып табылатуғын улыұмалық салыстырмалық теориясының геометриялық теория екенлигин аңлатады. Соның менен бирге биз Эйнштейннің жаңа теориясында гравитация менен инерция арасында ҳеш қандай айырманың жоқ екенлигин айқын сеземиз. Соның ушын гравитация майданын электромагнитлик майдан сыяқлы физикалық

майдан болып табылмайды. Майыспаған кеңіслик-ұақытта (үш өлшемлі Евклид кеңіслигинде) гравитация болмайды. Гравитацияны пайда етіу үшін сол кеңіслик-ұақыттың метрикасын өзгертіуіміз керек (яғный майыстырыуымыз керек). Ал кеңіслик-ұақыттың метрикасын сол кеңіслик-ұақытта жайласқан материя өзгертеді.

1907-жылы Патент бюросында іслеп атырған А.Эйнштейнге "Лифтти үзіп жиберген жағдайда оның ишиндеги адам өзинің салмағын сезе ме?" деген ой келген. Бул ойды алым кейинирек өмиріндеги ең сәтлі ой екенлигин бир неше рет қайталаған хәм усы ой тийкарында жұмыс іслеп ол дерлик 8 жыллық аўыр мийнеттің нәтийжесінде эквивалентлик принципі тийкарында улыұмалық салыстырмалық теориясын дөретті.

Биз "улыұмалық салыстырмалық теориясы менен арнаўлы салыстырмалық теориясы арасында физикалық мазмуны бойынша принципаллық айырма бар ма" деп сораў қоя аламыз ба? Әлбетте, екеуі де релятивистлик физиканың теориялары болып табылады. Арнаўлы салыстырмалық теориясында кеңіслик-ұақыт майыспаған (қыйсаймаған, демек материя жоқ) хәм бул теорияда тек инерциаллық есаплаў системалары орын алады. Ал улыұмалық салыстырмалық теориясында болса кеңіслик-ұақыттың ишинде материяның бар болыуының себебинен майысқан хәм гравитация менен инерциаллық емес есаплаў системалары арасында айырма жоқ. Бундай жағдайда физика илиминің фундаменти болған салыстырмалық принципі қандай өзгеріске ушырауы мүмкін? Бул сораўға жуап ретінде биз улыұмалық ковариантлық принципінің аренаға шығатуғынлығын атап өтеміз хәм А.Эйнштейннің улыұмалық салыстырмалық теориясының физика илиминдеги фундаменталлық принцип, соның менен симметрияның принциптерінің бири болған салыстырмалық принципін байытатуғынлығын атап өтеміз. Бул принцип бойынша қәлеген инерциаллық есаплаў системасында барлық физикалық процесслердің бирдей болып өтетуғынлығын жақсы билеміз.

Биз XVII әсирдің басында ашылған Галилео Галилейдің салыстырмалық принципі бойынша механиканың барлық ызымларының барлық инерциаллық есаплаў системаларында бирдей көриніске ийе екенлигин еске түсіріп өтеміз. Ал улыұмалық ковариантлық принципі бойынша хәр қыйлы координаталар системаларында (яғный инерциаллық хәм инерциаллық емес есаплаў системаларында) физикалық қубылыстарды тәрийиплейтуғын барлық теңдемелердің бирдей болып жазылуының керек екенлигин атап өтеміз. Бундай теңдемелерді улыұмалық ковариант теңдемелер деп атайды. Демек, улыұмалық салыстырмалық теориясын дөретіп, А.Эйнштейн "Тәбияттың барлық ызымлары барлық есаплаў системаларына қарата инвариант" деп дағазалады.

Биз А.Эйнштейннің улыұмалық салыстырмалық теориясын дөретіу үстинде іслеген жұмыстарын, оның санасында қәлиплескен идеяларды үйренетуғын болсақ, онда алымның қандай дәрежеде данышпан болғанлығына көз жеткеріуге болады. Мысалы физиканы үйреніп атырған қәлеген адам "физиканың барлық ызымлары барлық есаплаў системаларында бирдей түрге ийе болады" деген мәнистеги гәпти еситкенде "ондай нәрсенің болыуы мүмкін емес" деп жуап береді (усы қатарлардың авторы да сол ұақытлары тап сондай гәпти айтқан). Хәқыйқатында да, егер физикалық ызымларды әпиұайы, ықшымлы етип Декарт координаталар системасында жазатуғын болсақ, онда инерциаллық хәм тезлениуші есаплаў системаларында жазылған математикалық аңлатпалар пүткиллей хәр түрге ийе болады. Тап сол сыяқлы, биз тең өлшеулі хәм туұры сызық траектория бойынша қозғалатуғын массаның хәш қандай гравитациялық толқынды нурландырмайтуғынлығын, ал тезлениуші массаның нурландыратуғынлығын, хәр қыйлы есаплаў системаларында хәр қыйлы физиканың орын алатуғынлығын табыс

пенен түсіндіре аламыз. А.Эйнштейн болса бұндай көз қарастың пүткіллей дурыс емес екенлигин көре алды хәм ол бизди "барлық математикалық аңлатпаларды дифференциаллық геометрияның тили менен жазып көриңиз, сонда сиз өзиниздің ақылыңыздың неге жетпей тұрғанлығын анық түрде көресиз" деп оқытты (бул гәплер усы мақаланың авторына тийисли).

Дифференциаллық геометрияның математикалық аппараты қурамалы математикалық аппарат болып табылады. Сонлықтан гравитациялық майданның релятивисттик теңдемелерин келтирип шығарыу көп мийнетти талап етти хәм бул мәселени шешіу үшін А.Эйнштейн 1907-жылдан баслап шуғылланды хәм жумысын 1915-жылдың ақырында жууақлады.

Усы дәуірде А.Эйнштейн хаялының алдына төмендегидей үш ұазыйпаны қойған деп айтысады:

1. Мениң кийимлерим менен жумыс ислейтуғын өжирем таза болыуы;
2. Күниге үш рет аўқат алып келиниўи;
3. Мениң столымның үстиндеги нәрселерге ҳеш кимнің тиймеўи керек.

Сол дәуірлерде Эйнштейн тензорлық таллаўды үйренип, оның төрт өлшемли псевдориманлық улыўмаласқан түрин дөретти. Бул мәселеде оған дәслеп оның досты хәм Политехникумда бирге ислескен Марсель Гроссман (Гроссман Эйнштейннің гравитация ҳаққындағы дәслепки мақалаларының соавторы болған) хәм сол дәуірлердеги "математиклердің королі" Давид Гильберт мәсләхәтлер хәм жәрдемлер берген. 1915-жылдың ақырында Эйнштейннің улыўмалық салыстырмалық теориясының майдан теңдемелери жарық көрди (әдетте Гравитациялық майданның теңдемелери ҳаққындағы Эйнштейннің хәм Гильберттиң мақалалары дерлик бир ўақытта баспада жәрияланған деп айтады, бирақ бул гәптиң пүткіллей дурыс емес екенлигин биз төменде айтып өтемиз).

Биз уллы немис математиги Давид Гильберттиң (немисше David Hilbert; 1862-жыл 23-январь күни туўылған хәм 1943-жылы 14-февраль күни қайтыс болған) математиканың көп тараўларының раўажланыўына өзиниң салмақлы үлес қосқан ең ири математиклердің бири екенлигин атап өтемиз. Анри Пуанкаре қайтыс болғаннан кейин 1910—1920 жыллары математиклердің бәрше тәрәпинен мойынланған дүньялық лидери болды Ол инвариантлар теориясы менен евклидлик геометрияның аксиоматикасын ислеп шықты, ҳәзирги заман функционаллық таллаўдың тийкарында жататуғын гильбертлик кеңисликлердің теориясын дөретти.

Физика илиминде Гильберт қатаң түрдеги аксиоматикалық жақынласыўдың тәрәпдары болды хәм математиканы аксиоматизациялағаннан кейин усындай процедураны физика илиминде де орынлаў керек деп есаплады.

Гильберттиң физика илимине қосқан ең ири үлеси улыўмалық салыстырмалық теориясының тийкарғы теңдемелери болған Эйнштейн теңдемелерин келтирип шығарыу бойынша ислеген жумыслары болып табылады. Бул жумысын ол 1915-жылы ноябрь айында Эйнштейн менен дерлик бир ўақытта жууақлады. Шын мәнисинде Гильберт улыўмалық салыстырмалық теориясының дурыс түрдеги майдан теңдемелерин хәтте Эйнштейннен бурынырақ алды (бирақ баспада кейинирек жәриялады). Усының менен бирге бул теңдемелерди келтирип шығарыу барысындағы Гильберттиң Эйнштейнге болған тәсириниң жүдә үлкен болғанлығын, бул жумыслары ҳаққында олардың бир бири менен үзликсиз түрде хат жазысып тұрғанлығын атап өтемиз.

Усы жағдайға байланысly улыўмалық салыстырмалық теориясының теңдемелериниң авторы ким? деген сораў тәбийий түрде пайда болды. Бул мәселеде теңдемелерди келтирип шығарыўды Гильберттиң биринши рет вариациялық усылды қолланғанын хәм бул усылдың кейинирек теориялық физикадағы ең

тийкарығы усылға айланғанлығын еслетип өтемиз. Гильберт тәрәпинен фундаменталлық физикалық теорияның еле белгисиз теңлемелериниң вариациялық усылдың жәрдемінде алыныуы физика тарийхындағы ең биринши жағдай болып табылады.

Бир қызықлы жағдайды атап өтемиз: 1926-жылы матрицалық квантлық механика дөретилгеннен кейин Макс Борн хәм Вернер Гейзенберлер Гильбертке келген хәм "тап сондай формализмди қолланыу мүмкин болған математиканың тарауы бар ма? деп сораған. Д.Гильберт оларға "екинши тәртипте дара тууындылы дифференциаллық теңлемелерди шешіу мәселесин таллағанда мен тап сондай матрицалар менен ушырасқан едим" деп жууап берген. Физиклер қойылған мәселеге математик түсинбеди деп ойлаған хәм сонлықтан бул мәселе менен өзлеримиздиң шуғылланғанмыз мақул деп жууақ шығарған. Буннан кейин ярым жыл өтпей-ақ Эрвин Шредингер (немисше Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger, 1887-жылы Вена қаласында тууылған хәм 1961-жылы сол қалада қайтыс болған австриялы физик-теоретик, квантлық механиканың дөретиушилериниң бири, физика бойынша Нобель сыйлығының лауреаты) толқынлық квантлық механиканы дөретти. Оның тийкары Шредингер теңлемеси деп аталатуғын екинши тәртипте дара тууындылы сызықлы теңleme болып табылады. Нәтийжеде Э.Шредингер еки жақынласыудың да, яғный ески матрицалық хәм жаңа толқынлық жақынласыулардың бир бирине эквивалент екенлигин дәлиледи.

Солай етип улыўмалық салыстырмалық теориясындағы гравитациялық майданның теңлемесин 1915-жылы ноябрь айында дерлик бир ўақытта, бирақ хәр қыйлы усыллар менен Эйнштейн хәм Гильберт тәрәпинен алынғанлығын мойынлаймыз. Жоқарыда айтып өткенимиздей, тап жақын ўақытларға шекем көп санлы адамлар теңлемени Гильберт Эйнштейннен 5 күн бурын келтирип шығарды, бирақ ол (Гильберт) жумысының нәтийжелерин кейинирек баспадан шығарды деп есапланып келди. Эйнштейн теңлемелердиң дурыс варианты келтирилген өзиниң жумысын Берлин илимлер академиясына 25-ноябрь күни тапсырған. Ал Гильберттиң "Физиканың тийкары" деп аталатуғын мақаласы ҳаққындағы хабар Гёттинген математикалық жәмийетинде 1915-жыл 20-ноябрь күни айтылған, ал мақаланың өзи 1916-жылы 31-март күни баспадан шыққан. Еки алым да өзиниң қол жазбаларын баспаға таярлағанда бир бири менен тез-тезден хат алысып турған хәм бул хатлардың бир нешеси усы күнлерге шекем сақланған. Бул хатлардан сол еки алымның теңлемелерди келтирип шығарыу ислеринде бир бирине унамлы хәм жемисли тәсир еткенлиги айқын көринип турады.

Физика бойынша илимий әдебиятта гравитация майданының теңлемелерин "Эйнштейн теңлемелери" деп атайды.

Эйнштейн теңлемелери былайынша жазылады:

$$R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R = \frac{8\pi k}{c^4}T_{ik}.$$

Бул теңлемедегі R_{ik} тензорын Риччи тензоры деп атайды, g_{ik} арқалы метрлик тензор, ал T_{ik} арқалы материяның энергия-импульс тензоры белгиленген.

Эйнштейн теңлемелериндеги тензорлар екинши рангалы тензорлар болып табылады. Соның менен бирге i хәм k индекслерин 0, 1, 2, 3 мәнислерине ийе болады. Сонлықтан тензорлардың барлығы да 16 қураушыдан туруы керек. Ал, егер сол тензорлардың симметриялы тензорлар екенлигин есапқа алсақ, онда қураушылардың саны 16 дан 10 ға шекем кемейеди. Демек Эйнштейн теңлемелери 10 теңлемеден туратуғын теңлемлер системасы болып табылады екен. Сонлықтан бул теңлемелердиң физика илиминиң математикалық жақтан ең қурамалы теңлемелери

болып табылатуғынлығын атап өтемиз. Усы жағдайға байланысты бизің күнлеримізге шекем қәнигелер Эйнштейн теңдемелерин гейпара дара жағдайлар ушын ямаса көпшилик жағдайларда суперкомпьютерлердің жәрдеминде санлы түрде шешеди.

Биз Эйнштейн теңдемелеринің сызықты емес теңдемелер екенлигин хәм сонлықтан гравитация майданы ушын суперпозиция принципинің орынланбайтуғынлығын атап өтемиз. Соның менен бирге физиканың пүткіллей басқа фундаменталлық бөлими болған квантлық механиканың теңдемелеринің сызықты екенлигин, усының нәтижесинде микродүньяда және де бир фундаменталлық принцип болған суперпозиция принципинің сөзсиз орынланыуының зәрүрли екенлигин еске саламыз.

Жоқарыда келтирилген мағлыұматлар макродүньяның физикасы болған (ямаса классикалық физиканың бир бөлими болған) гравитация физикасында суперпозиция принципинің жоқ екенлигин, ал микродүньяда болса суперпозиция принципинің орынланыуының шәрт екенлигин атап өтемиз.

1997-жылы Гильберттің мақаласының корректурасы табылған. Корректурa 1915-жылдың 6-декабри күни исленген. Бул хұжеттен Гильберттің гравитациялық майданның теңдемесинің дурыс вариантын Эйнштейннен 5 күн бурын емес, ал 4 ай кейин жазғанлығы айқын болған. Гильберттің Эйнштейннің жумысынан бурын баспа сөз ушын таярлаған мақаласы өзинің баспа сөзде жарық көрген ең ақырғы вариантынан төмендегидей еки түрли айырмаға ийе екенлиги мәлим болды:

Мақалада Эйнштейннің мақаласында келтирилген классикалық формадағы гравитациялық майданның теңдемелери жоқ.

Майдан теңдемелери менен бир қатарда Гильберт қосымша төрт улыұмаковариантлық емес (гравитациялық майданына физикалық жақтан сәйкес келмейтуғын "улыұмаковариантлық емес" сөзине итибар беріу керек!!!) шәртти киргизген. Олар оның пикири бойынша теңдемелердің шешимлеринің бир мәнисли болыуы ушын зәрүрли.

Бул жағдайлар Гильберттің вариантының дәслеп ақырына жеткерилмегенлигин хәм толығы менен улыұмаковариантлық емес екенлигин аңлатады. Ал теңдемелер өзинің ең ақырғы дурыс түрине Эйнштейннің теңдемелери баспа сөзде жәрияланғаннан кейин ғана ийе болған. Гильберт өзинің мақаласына ең кейинги дүзетиўлерди киргизгенде Эйнштейннің декабрь айында жарық көрген мақаласына ссылка берген хәм майданның теңдемелерин басқа түрде де жазыудың мүмкин екенлигин ескерткен хәм қосымша шәртлер хәққындағы гәплерди жоқ еткен. Физика илиминің тарийхшылары Гильберттің бул дүзетиўлердің Эйнштейннің мақаласының тәсиринде исленгенлигин атап өтеди.

Гравитациялық майданның теңдемелерин келтирип шығарыудағы Эйнштейннің бириншилигин илимий жәмәәтшиликтиң, соның ишинде Гильберттің де бийкарламағанын атап өтемиз. Бирақ қалай деген менен гейпара жағдайларда Гильберт Эйнштейннен ғәрезсиз гравитациялық майданның теңдемелерин келтирип шығарды деген гәплерди еситиўге ямаса оқыўға болады. Бирақ уллы математик Д.Гильберт уллы физик Эйнштейннен хәм Эйнштейн тәрәпинен усынылған улыұмаковариантлық принципсиз гравитация майданының теңдемесин өзинше хеш ўақытта да келтирип шығара алмаған болар еди. Бул жағдайдың дурыс екенлигин Гильберт шын кеўли менен мойнына алған хәм өзинің лекцияларында уллы идеяның Эйнштейнге тийисли екенлигин жийи айтқан. Бир ўақытлары ол "Гёттинген қаласының көшесинде жүрген қәлеген бала төрт өлшемли геометрияны Эйнштейннен жақсы биледи. Бирақ усыған қарамастан бул жумысты математиклер емес, ал Эйнштейн орынлады" деп улыұмалық салыстырмалық теориясының Эйнштейнге тийисли екенлигин айқын түрде айтқан.

А.Эйнштейннің улыұмалық салыстырмалық теориясы хаққындағы улыұмалық хәм толық мақаласы 1916-жылы жарық көрди. Бул мақала "Улыұмалық салыстырмалық теориясының тийкарлары" деп аталады. Мақала қарақалпақ тилине де аударылған хәм оны abdikamalov.narod.ru сайтында оқыўға болады.

Биз усы жерге келгенде философия менен эстетикадағы "художникти алмастырыўға болмайтуғынлығы" хаққындағы түсиникти еске түсиремиз. Хақыйқатында да, егер А.С.Пушкин болмағанда "Евгений Онегин" қосықларда жазылған романы, Александр Дюма болмағанда "Граф Монте-Кристо" романы, Виктор Гюго болмағанда "Куўылған" (Отверженные) роман-эпопеясы ямаса "Notre-Dame de Paris" тарийхый романы, Ибрайым Юсупов болмағанда "Актрисаның ығбалы" шығармасы, Т.Қайыпбергенов болмағанда "Қарақалпақ қызы" романы дөретилмеген болар еди. Бирақ илимде пүткиллей басқаша жағдай орын алған. Егер Исаак Ньютон туўылмағанда да басқа бир алым динамиканың тийкарғы нызамларын ашқан, тап сол сыяқлы А.Эйнштейн дүньяға келмегенде де улыұмалық салыстырмалық теориясын басқа бир алым ертели-кеш дөреткен болар еди.

Эйнштейннің жаңа тартылыс нызамы бурын белгили болмаған бирақ бақлаўларда тастыйықланған физикалық эффектлердің орын алатуғынлығын болжады. Сондай эффектлердің қатарына астрономлар көп ўақытлар даўамында себебин биле алмаған Меркурий планетасының перигелийиниң әсирлик аўысыўы киреди (хәр 100 жылда 43 мүйешлик секундқа!!!). Бундай эффектлерди түсиндириўдің салдарынан салыстырмалық теориясы хәзирги заман физикасының бәрше тәрeпинен мойынланған фундаментине айланды.

Гравитациялық толқынлар

Физика тарийхы бойынша белгили алым, әсиресе Альберт Эйнштейннің өмири менен илимий мийнетлери хаққында көп санлы китаплар жазған, Эйнштейннің өзін көрген хәм оның гәплерин тыңлағын А.Пайс (Abraham Pais, Рокфеллер университетиниң профессоры) 1980-жылы Германиядағы Йена қаласында өткерилген гравитациялық нурланыў бойынша GR9 конференциясының пленарлық мәжилислериндеги Пасадиалы Кип Торнның хәм Москвалы Владимир Брагинскийдің лекцияларын тыңлап улыұмалық салыстырмалық теориясының қаншама алға кеткен (ўақытынан әдеўир бурын ашылған) теория екенлигине көз жеткердим деп жазған хәм ол "гравитациялық толқынлар усы ўақытларға шекем ашылған жоқ, ал К.Торн болса оларды бизиң әсиримизде (яғный XX әсирде) ашылады деп үмит етеди" деп атап өткен. Сол ўақытлары экспериментаторлардың 15 группасы (олардың көпшилиги көп миллетли) усы ўақыяға таярланған.

1916-жылы Эйнштейн "Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation" (қарақалпақ тилинде "Гравитациялық майданның теңлемелерин жуўық түрде интеграллаў") мақаласында улыұмалық салыстырмалық теориясының шеклеринде гравитациялық толқынлардың болыўының керек екенлигин хәм механикалық системаның энергиясының бир бөлимин гравитациялық толқынлардың пайда болыўы ушын жумсайтуғынлығын көрсеткен. Усының нәтийжесинде қәлеген қозғалмайтуғын жулдыздың дөгерегинде айланатуғын денениң (мысалы планетаның) гравитациялық толқынларды нурландырыўдың нәтийжесинде тоқтайтуғынлығы болжаған. Эйнштейн сол мийнетинде гравитациялық нурланыўдың салдарынан планетаның энергиясының кемейиўиниң шамасының жақтылықтың тезлиги болған с шамасының төртинши дәрежесине кери пропорционал екенлигин, яғный оғада киши шама болатуғынлығын анықлаған. Бул қәте жуўмақты ол 1918-жылы дүзеткен хәм "Über Gravitationswellen" (Гравитациялық толқынлар хаққында) мақаласында квадруполлик формуланы келтирип шығарған

хәм бундай квадруполлик нурланыўда оның интенсивлигиниң жақтылықтың 5-дәрежесине кери пропорционал (яғный және 10 есе киши) болатуғынлығын көрсете алған.

Солай етип улыўмалық салыстырмалық теориясы тезлениў менен қозғалыўшы үлкен массаға ийе денелердиң гравитациялық толқынларды нурландырыўының керек екенлигин көрсетеди. Теория бойынша сондай толқынлар кеңисликте жақтылықтың тезлиги менен еркин тарқалады. Олардың интенсивлигиниң жүдә киши болатуғынлығына байланыслы (жақтылықтың тезлигиниң бесинши дәрежесине кери пропорционал) гравитациялық толқынларды регистрациялаў мәселеси оғада қурамалы болған физикалық экспериментлердиң қатарына киреди хәм бул мәселе тек 100 жыл өткеннен кейин, 2015-жылы әмелге ғана асты.

Берлин, 1915-1921 жыллар

1915-жылы Нидерландиялы физик Вандер Йоханнес де Хааза (нидерланд тилинде Wander Johannes de Haas, 1878-жылы 2-март күни туўылған хәм 1960-жылы 26-апрель күни қайтыс болған Голландия физиги менен математиги) менен әңгимелесиўиниң барысында Эйнштейн оған кейинирек "Эйнштейн-де-Хааза эффекти" атамасына ийе болған затлардың магнитомеханикалық қәсийетлерин анықлаў бойынша тәжирийбениң схемасы менен есабын усыңған. Тәжирийбениң нәтийжеси 1913-жылы атомның планетарлық моделин усыңған Нильс Борды руўхландырған. Бордың тәлиматы бойынша атомның ишинде шеңбер тәризли электронлық тоқлар бар болады хәм усы тоқларды пайда ететуғын стационар деп аталатуғын орбиталары бойынша қозғалатуғын электронлар электромагнит толқынларын негедур нурландырмайды. Усы жағдайды Н.Бор өзиниң ярым квантлық тәлиматының тийкары етип алған еди. Усының менен бирге "Эйнштейн-де-Хааза эффекти" бойынша алынған атомдағы электронлардың магнит моментлериниң қосындысы күтилген моменттен еки есе үлкен болып шыққан. Буның себеби электронның меншикли импульс моменти болған спини ашылғаннан кейин белгили болды.

Екинши Жер жүзилик урыстан кейин Эйнштейн физиканиң өзи шуғылланған тараўлары болған космология хәм "Майданнының бирден бир теориясын дәретиў" бойынша жумысларын даўам етти. Эйнштейнниң ойы бойынша бул теория гравитацияны, электромагнетизмди хәм микродүньяның теориясын бирлестириўи керек еди. Космология бойынша биринши мақаласы "Космология мәселелери хәм улыўмалық салыстырмалық теориясы" деп аталады хәм ол 1917-жылы баспадан шықты (мақаланы қарақалпақ тилинде abdikamalov.narod.ru сайтынан алып оқыўға болады). Бул мақала релятивистлик космология бойынша дүньядағы ең биринши мақала болып табылады.

Буннан кейин Эйнштейн көп кеселликлерге жолықты. Баўырының аўрыўына асқазанның аўрыўы қосылды, буннан кейин сары аўрыўға тап болды хәм өзін жүдә әззи сизди. Бир неше ай даўамында ол төсекте жатқан. Тек 1920-жылы ол төсектен турған хәм өзиниң илимий жумысларына қайтадан үлкен жигер менен кирискен.

1919-жылы Альберт Эйнштейн 1876-жылы туўылған хәм еки атаға барған жақыны Эльза Лёвентальға (қыз ўақыттағы фамилиясы Эйнштейн) үйленген хәм оның еки қызын өзиниң атына өткерип алған. Эльзаның әкеси Рудольф Альберт Эйнштейнниң әкеси Германның еки атаға барған, ал анасы Фанни Кох Алберттиң анасы Паулинаның үш атаға барған ағайини болған. Солай етип Эльза Альберт Эйнштейнге әкеси жағынан еки атаға барған, ал анасы жағынан үш атаға барған жақыны болып табылады. Сол жылы оның үйине аўыр кеселленген анасы Паулина көшип келеди хәм арадан 3-4 айдан кейин 1920-жылы февраль айында қайтыс

болады. Эйнштейннің хатларынан анасының қайтыс болғанына күшлі қайғырғанын билиі мүмкін.

Усы дәуірде хәм буннан кейин де ол биринши хаялы Милева және еки улы Ганс-Альберт хәм Эдуардқа турақлы түрде ғамхорлық қылып турған.

1919-жылдың май айында уллы астроном хәм сол ўақытлардағы салыстырмалық теориясы бойынша ең үлкен қәниге сэр Артур Эддингтон басшылығынлығы еки англиялы экспедиция Бризилия менен батыс Африкаға Қуяш толық тутылған ўақытта оның қасынан өткен жақтылықтың бағытының қанша шамаға өзгертетуғынлығын анықлаў ушын жиберилди. Сол орынлардағы Қуяш толық тутылған ўақытта оның этирапындағы жұлдызлардың фотосүретлери түсирилди. Фотопластинкаларды қайта ислегеннен кейин алынған нәтийжелерди Эйнштейн биринши рет 1919-жылы сентябрь айында Лоренцтен билген. Бул ҳаққында ол Люцерн қаласындағы анасына дәрхәл мынадай хабар берген: "Бүгин оғада куўанышлы хабар келди. Г.А.Лоренц маған англия экспедицияларының жақтылық нурларының Куяштың қасынан өткенде ҳақыйқатында да бурылатуғынлығын дәлиллегенлигин телеграф арқалы хабарлады".

1919-жылы 6-ноябрь күни Уллыбритания Королиниң жәмийети менен Уллыбритания астрономларының жәмийетиниң биргеликтеги мәжилисинде экспедициялар алған нәтийжелер салтанатлы түрде дағазаланған. Жақтылық нурының бағытының өзгерисин өлшеўде алынған шама 1,64 мүйешлик секундқа тең болып шыққан. Ал Эйнштейннің улыўмалық салыстырмалық теориясы бойынша есапланған шама 1,7 мүйешлик секундқа тең. Англия Академиясының Президенти Эйнштейннің тәлиматын илим тарийхындағы адамның ойының ең уллы жетискенликлердин бири деп баҳа берген. Усы күннен баслап Ньютонның пүткил дүньялық тартылыс нызамы өзиниң универсаллық әҳмийетин жоғалтты. Соның менен бирге англияның экспедициясының Германияның уллы илимпазының теориясының дурыс екенлигин тастыйықлаўы тәбияттаныўдың халық аралық характерге ийе екенлигин айқын түрде көрсетти. Усы күнлери Биринши Жер жүзилик урыстан кейин Германия менен Англия арасында жарасыў ҳаққындағы питимниң дүзилгенине бир жыл да толған жоқ еди.

Бундай сенсациялық жаңалықты Европаның барлық газеталары жәриялады. Әлбетте, газеталардың дерлик барлығы да улыўмалық салыстырмалық теориясының мәнисин надурис сәўлелендирди. Бирақ теорияның мәниси қарапайым газета оқыўшылары ушын зәрүрли емес еди. Нәтийжеде илимпаз Эйнштейннің пүткил Жер жүзинде даңқы оғада жоқарыға көтерилди.

Космология

Космологияны тәбияттаныўдың ең әйемги бөлими деп қараў мүмкін. Астрономиялық характердеги ең дәслепки бақлаўлардың өзи базы бир космологиялық фонға ийе еди. Бирақ бул фон дин хәм мифология менен байланысly болған гуманитарлық фон еди. Хәтте XIX әсирдеги физиканың жүдә үлкен пәтлер менен раўажланыўы космологияны тәбийий илимге айландлыра алмады. Физиканың исенимли түрде ашылған нызамларын пүтин Әлемге қолланыў шешиўи мүмкин болмаған парадокслерди келтирип шығарды.

1917-жылы космология физикалық теорияға айланды. Мәниси бойынша бул уллы ўақыя Берлик Илимлер академиясының журналында 10 бетлик мақаласында формаға ийе болды (А.Эйнштейннің бул мақаласы хәм оның қарақалпақ тилиндеги аўдармасы ҳаққында жоқарыда гәп етилди). Әлбетте, А.Эйнштейннің уллылығы менен данышпанлығы космологияны дәреткениде емес, ал оның тийкарында жатқан улыўмалық салыстырмалық теориясы хәм басқа да фундаменталлық теориялар

менен байланыссы. Ал космология болса Эйнштейн теңдемелерін пүткіл Әлем ушын шешиўдиң нәтийжесинде алынды. А.Эйнштейн тәрәпинен 1915-жылы толық дөретилген кеңіслик-ўақыт-гравитацияның теориясы барлық Әлемди тутасы менен белгили бир избе-изликтеги физикалық-математикалық сүўреттиң ишине қамтып алды.

Эйнштейн дөреткен гравитация теориясы И.Ньютонның пүткіл дүньялық тартылыс теориясын геометриясы жуўық түрде евклидлик, ал хронометриясы галилейлик болған кеңіслик-ўақыттың қасийети менен байланыстырды. Бундай жағдай эззи гравитациялық майданларда орынланады. Усындай жақынласыўдан шығыў жолы менен Эйнштейн көз бенен карағанда шеги жоқ Әлемди тутасы менен алып изертледі. Нәтийжеде шекли, бирақ шегарасы жоқ (сфераның бетиндей), мәңги, өзгермейтуғын Әлем ҳаққындағы геометриялық көз-қарас пайда болды.

Бул геометриялық көз-қарасты оның дөретиўшиси жүдә бир әҳмийетли илимий ашылыўлардың катарына киргизген жоқ. Себеби ол оның физикасы менен тығыз байланыссы еди.

Эйнштейн жасаған дәўирде теориялық физика өз алдына қәнигелик болып жетилисти. Бирақ сол "өз алдына қәнигелик" ке айланыў ғәрезсизликти, биз қарап атырған жағдайларда эксперименталлық физикадан ғәрезсизликти аңғартпайды. Усыған байланыссы Эйнштейн өзиниң космологиялық ойларында да тәбиятты изертлеўши сыпатында қала берди. Эйнштейн ушын Әлемниң статикалық (ўақыттан ғәрезсизлиги) қасийети экспериментте бақланған факт болып табылады. Бирақ ол мақаласында "(Әлемдеги) материяның тарқалыўында бизге белгили болған эксперименталлық мағлыўматлардың ең әҳмийетлиси жулдызлардың салыстырмалы тезликлериниң жақтылықтың тезлигине салыстырғанда жүдә киши екенлигинде" деп жазған. Эйнштейн қандай эксперименталлық материалды нәзерде тутқанлығын жазбаған. Бирақ жулдызлардың салыстырмалы тезликлериниң жақтылықтың тезлигине салыстырғанда жүдә киши екенлигин 10 бетлик мақалада 7 рет еске алған.

Дөретилген космологияның бахытына, А.Эйнштейн астрономияның ең жаңа жетискенликлери ҳаққындағы мағлыўматларға жеткиликти дәрежеде итибар бермеген болса керек. Шамасы, Эйнштейн Әлемниң галактикалық структурасы, 1913-жылы Слайфердиң базы бир галактикалардың жүдә үлкен тезликлерге ийе болатуғынлығын ашқаны ҳаққындағы мақалалар менен таныс болмаған болса керек. Бул тараўдағы изертлеўлердиң раўажланыў барысында 1929-жылы Эдвин Хаббл (инглизше Edwin Powell Hubble, 1889-жылы АҚШ тың Миссури шатытында туўылған ҳәм 1953-жылы Калифорния штатындағы Сан-Марино қаласында қайтыс болған АҚШ астрономы ҳәм космологы) тәрәпинен бизиң Әлемимиздиң кеңейиўши Әлем екенлиги ашылды. Бирақ Әлемди теориялық жақтан бирден меңгериў, соның менен бирге оның шегарасының жоқ екенлиги менен өзгермелилигин түсиниў оғада қыйын мәселелердиң бири еди.

Оқыўшыны зериктирмеў ҳәм соның менен бирге физика илиминиң гөззаллығының бир тәрәпин көрсетиў мақсетинде А.Эйнштейн 1917-жылы пайдаланған бир қатар математикалық аңлатпаларды қолланамыз. Усыған байланыссы гравитация теориясының теңдемелерине қойылатуғын улыўмалық талаплардың вариациялық принципти қолланғанда тәсир ушын формуланы

$$s = -mc \int ds - \frac{c^3}{16\pi G} \left[\int R dV + \int 2\lambda dV \right]$$

түрінде жазыуға руқсат ететүғынлығын келтирип өтемиз. Бул аңлатпада V арқалы 4 өлшемлі көлем берілген. Усындай жағдайда Эйнштейн теңдемелери

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R - \lambda g_{ik} = \frac{\chi}{c^2} T_{ik}$$

түрине ийе болады. Бул аңлатпада λ арқалы физика илимине А.Эйнштейн киргизген космологиялық турақлы белгиленген, ал бул шамаға пропорционал болған λdV хәм λg_{ik} шамаларын космологиялық ағзалар деп атайды.

Жоқарыда келтирилген теңleme 1917-жылы А.Эйнштейннің «Космология мәселелери хәм улыұмалық салыстырмалылық теориясы» мақаласында пайда болды. Сонлықтан 1917-жылды хәзирги заман космологиясының (яғный релятивистлик космологияның) туұылған жылы деп атаймыз.

А.Эйнштейн 1916-жылдың басында өзинің теңдемелеринің стационар шешимге ийе болмайтуғынлығын түсинди. Жоқарыда айтылып өтилгениндей, сол ўақытлары Әлемнің стационар, ўақыттың өтиўи менен хеш өзгермейди деген пикир хүким сүрген еди. Сонлықтан Эйнштейнге стационар шешимлерге ийе теңдемелер керек болды хәм усындай көз-қарасларда ол өзинің теңдемелерине λ ағзасын қосып хәзир ғана жазылған теңлемени алды.

Биз А.Эйнштейннің кейинирек, 1930-жылларға келе Әлемнің стационар емес, ал кеңийиўши екенлигин астрономлар дәллегеннен кейин теңдемелерине λ ағзасын қосқанлығын өмиринде жиберген "ең үлкен қәтелиги" деп есаплағанлығын атап өтемиз. Бирақ оның "жиберген қәтеси" физика илими ушын оғада пайдалы болып шықты. Хәзирги ўақытлары пүткил Әлемнің энергия балансында λ менен тиккелей байланыслы болған физикалық вакуумның энергиясының 80 процентти қурайтуғынлығы белгили. Демек λ шамасы хәм оның менен байланыслы болған вакуумның энергиясы пүткил Әлемнің динамикасын басқарады хәм оның тезлениў менен кеңейиўин тәмийинлейди.

Әлбетте λ ағзаны теңлемеге киргизиўдеги А.Эйнштейннің алдына қойған мақсет Әлем ушын нолге тең емес орташа тығызлыққа сәйкес келетуғын стационар шешим алыў еди. Буның ушын λ шамасын $\frac{8\pi G\rho}{3c^2}$ шамасына тең деп алыў талап етиледи. Бирақ астрономияда космологиялық қызылға аўысыў қубылысы бақланғаннан кейин А.Эйнштейн $\lambda = 0$ болған теңлемеге қарай көбирек дыққат аўдарды. 1930-жылларға көп санлы алымлар тәрәпинен шекем $\lambda \neq 0$ болғандағы стационар хәм стационар емес шешимлер терең изертленди. Бирақ λ ағзасы нолге тең бе, ямаса тең емес пе деген мәселе тап жақын ўақытларға шекем толық шешилмей келди.

Космология турақлысының физикалық шешими неден ибарат? Физика ушын оның қандай әхмийети бар?

λ ниң өзине тартатуғын бир қәсийети оның өлшем бирлигинде (оның өлшем бирлиги майданның өлшем бирлигинің кери мәнисине тең). Усындай көз-қарастан λ шамасы бос кеңисликтің жоқ қылыўға болмайтуғын қыйсықлығы болып табылады (хеш материя ямаса гравитациялық толқын жоқ бос кеңисликтің). Тартылыс теориясы болса кеңислик-ўақыттың майысыўын материяның энергиясы, импульсы хәм басымы менен байланыстырады. λ шамасын майдан теңлемениң оң тәрәпине өткерип мына түрге ийе теңлемени аламыз:

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi G}{c^4} T_{ik} - \lambda g_{ik}.$$

$\lambda \neq 0$ болжауы $\lambda = 0$ болған жағдайдағыдай бос кеңістіктің (вакуумның) массасының тығызлығы $\rho_\lambda = \frac{c^2 \lambda}{8\pi G}$, энергиясының тығызлығы $\varepsilon_\lambda = \frac{c^4 \lambda}{8\pi G}$, басымы $p_\lambda = \varepsilon_\lambda = \frac{c^4 \lambda}{8\pi G}$ болған орталық пайда еткендей гравитациялық майдан пайда ететіндігін аңлатады. Егер $\lambda = 10^{-55} \text{ 1/см}^2$ деп болжасақ $\rho_\lambda = 10^{-28} \text{ г/см}^3$ хәм $\varepsilon_\lambda = 10^{-7} \text{ эрг/см}^3$ шамаларына ийе боламыз. Усындай көз-қараста вакуумның энергиясының тығызлығы менен басымы (керім тензоры) хаққында гәп ете аламыз.

Бизиң ρ_λ хәм ε_λ хаққындағы болжауларымыздың себебинен теорияның релятивисттик инвариантлығы бузылмайды хәм ушы шамалар Лоренц түрлендіріулерине қарата инвариант шамалар болып табылады.

Космологиялық тұрақлы λ нин мәнісі нолге тең болмаса да абсолют шамасы бойынша жүдә киши. Соның ушын λ тек космологияда ғана әхмийетке ийе болады.

Улыўма салыстырмалылық теориясының улыўмалық әхмийети хәм альтернатив теориялар хаққында

Улыўмалық салыстырмалылық теориясы әхмийети хаққында және бир қатар гәплерди айтыў мүмкин:

1. Улыўмалық салыстырмалылық теориясы бақланатуғын астрономиялық эффектлерди дәл түсіндіреді (планеталардың траекторияларына дүзетіулер киргизиў, жақтылықтың жийилигиниң гравитация майданындағы өзгеріуі, нурлардың траекторияларының бурылыуы, радиосигналлардың белгили бир аралықларды өткенде кешигиуі);

2. Улыўмалық салыстырмалылық теориясы Әлемнің тутасы менен алғандағы ең улыўмалық қәсийетлерин түсіндіреді. Қара құрдымлардың бар екенлиги болжанды. Қара құрдымлар түсинигиниң жәрдеминде рентген қос системаларындағы, галактикалар менен квазарлардың ядроларындағы қубылыстар табыслы түрде түсіндириледі.

4. Хәзирги заман космологиясының тийкарында жатады хәм оны релятивисттик космология деп атайды.

5. Физиклер "егер улыўмалық салыстырмалық теориясы дурыс болса" сингулярлық деген қубылыстың орын алатуғынлығын дәлиллейді (сингулярлық орын алған жағдайда материяның көлеми нолге, ал тығызлығы шексиз үлкен шамаға тең болады). Сингулярлықтың орын алыуын "физика илиминиң уллы кризиси" деп те атайды. Ал қара құрдымлардың бар екенлигиниң дәлилленіуі сингулярлық қубылысын түсіндириўге үлкен жол ашып береді.

Бул дизимди даўам ете бериўге болады.

Бирақ усы жағдайларға қарамастан улыўмалық салыстырмалылық теориясына альтернатив болған теориялар да пайда болмақта. Неликтен? Усы сораўға байланыслы орын алған еки тенденцияны атап өтеміз:

Биринши тенденция улыўмалық салыстырмалылық теориясын классикалық (квантлық емес) гравитация областындағы дурыс емес хәм қанаатландырмайтуғын теория деп дағазалайды. Мәселениң бундай етип қойылыуының өзінше себеплери бар. Екинши жағдайлар улыўмалық салыстырмалылық теориясы жәрдеминде есапланған айырым шамалардың экспериментлерде анықланған шамаларға дәл сәйкес келмеуінде. Бирақ тәжирийбелер бундай теориялардың узақ ўақыт жасап атырмағанлығын көрсетеди.

Альтернативлик теориялардың ең белгилелериниң бири А.А.Логуновтың басшылығында дәретилген гравитацияның релятивисттик теориясы болып

табылады. Бул хәм басқа да альтернатив теориялардың көпшилиги гравитацияны кеңислик-ұақыттың геометриясының өзгешелиги емес, ал хақыйқый физикалық майдан (мысалы электромагнит майданы, ядро күшлери майданы хәм басқалар) сыяқлы майдан деп қарайды. Демек сол теориялардың авторлары теорияның мазмунуна емес, ал формасына қайыл емес. Мысалы электромагнит майданы Максвелл электродинамикасы тийкарында толық түсиндириледі хәм бул теорияда электромагнит майданы хақыйқый физикалық майдан болып табылады (электромагнит майданың Фарадей-Максвелл типиндеги физикалық майдан деп атаймыз, бундай көз қарастан қарағанда улыўма салыстырмалылық теориясындағы гравитация майданы физикалық майдан емес, ал кеңислик-ұақыттың майысыуы екенлиги еске түсиремиз). Электромагнит майданының энергия-импульс тензоры сәйкес түрлендириў хәм сақланыў нызамларына ийе жақсы хәм локаллық анықланған физикалық шама болып табылады. Улыўма салыстырмалылық теориясының стандарт «геометриялық» формулировкасында болса гравитациялық энергияның локализациясы анық емес болып қалады. Бул улыўма салыстырмалылық теориясының ең тийкарғы "кемшилиги" болып табылады.

2004-жылы «Успехи физических наук» журналының 6-санында «Гравитацияның релятивистлик теориясының авторлары А.А.Логунов, М.А.Мествиришвили хәм В.А.Петровлардың «Как былы открыты уравнения Гильберта-Эйнштейна» мақаласы шықты. Бул мақаланың авторларының мағлыўматлары бойынша гравитациялық майданның теңлемелерине Гильберт пенен Эйнштейн бир биринен ғәрезсиз еки түрли жол менен келген. Бул жоллар хәр қыйлы еди, биақ бул жоллар бир нәтийжеге алып келген. Еки автор да өзлериниң атларының гравитациялық майданның теңлемесинде турыўы ушын урынған. Ал улыўмалық салыстырмалылық теориясы болса толығы менен А.Эйнштейнниң теориясы болып табылады. Мақаланың авторларының «арнаўлы салыстымалылық теориясының аңлатпаларының сызықлы ортогоналлық түрлендириўлерге қарата ковариант болыўының зәрүрлиги постулатына сүйенгенлиги сыяқлы улыўмалық салыстырмалылық теориясы барлық теңлемелер системасының анықлаўшысы 1 ге тең болған түрлендириўге қарата ковариантлылығын постулатына тийкарланған. Бул теорияның гөззаллығы усы теорияны хақыйқатында да түсинетуғын адамлардан жасырынып қала алмайды, теория Гаусс, Риман, Кристофел, Риччи хәм Ливи-Чивиталар тәрепинен раўажландырылған абсолют дифференциаллық есаплаўдың хақыйқый шыңын аңғартады» сөзлери орынлы болып табылады. Ал гравитациялық толқынлардың ашылыўы улыўмалық салыстырмалық теориясының экспериментлерде тастыйықланған дұрыс теория екенлигин дәлиллейди.

1922-жыл, Нобель сыйлығы

Эйнштейнди физика бойынша Нобель сыйлығына бир неше рет усынған. Биринши рет ол Вильгельм Оствальдтың усынысы менен 1910-жылы арнаўлы салыстырмалық теориясын дөреткени ушын усынылды. Бирақ Нобель сыйлығының комитети салыстырмалық теориясының эксперименттеги дәлилениўиниң еле кем екенлигин нәзерде тутып Эйнштейн дыққаттан тыста қалды. Буннан кейин сыйлыққа Эйнштейнниң кандидатурасы 1911- хәм 1915-жыллары усынылды. Нобель сыйлығына усынған илимпазлардың дизиминде Лоренц, Планк, Бор, Вин, Хвальсон, де Хааз, Лауэ, Зеeman, Камерлинг-Оннес, Адамар, Эддингтон, Зоммерфельд хәм Аррениуслар болған. Бирақ Нобель комитетиниң ағзалары көп ұақыт даўамында күшли революциялық теориялар ушын сыйлық бериўге батылы бармады. Ақыр-аяғында дипломатиялық шешим қабыл етилди: 1921-жыл ушын Нобель сыйлығы "фотоэффект теориясы... хәм теориялық физиканың басқа да тараўларындағы

жұмыстары (for his services to Theoretical Physics, and especially for his discovery of the law of the photoelectric effect)" ушын дерлік бір жыл өткеннен кейін 1922-жылы ноябрь айында Альберт Эйнштейнге берилді.

1922-жылы 10-ноябрь күні Швеция Илимлер Академиясының секретары Кристофер Ауривиллиус Эйнштейнге төмендегідей мазмұндағы хабарды жазды:

"... өзінің кеше болып өткен мәжілісінде Сізге Сізің теориялық физика бойынша іслеген жұмыстарыңызға, атап айтқанда фотоэлектрлік эффект нызамын ашқаныңызға байланысты өткен жыл ушын физика бойынша Нобель сыйлығын беріуіңізге шешім қабыл етті... салыстырмалық теориясы менен гравитация теориясын дөретиудегі мийнеттеріңіз есапқа алынбады. Олар (эксперименттерде) тастыйқланғаннан кейін сәйкес баға бериледи".

Усы уақыттары А.Эйнштейн Японияда еді. Сонлықтан Нобель сыйлығын 1922-жыл 10-декабрь күні Германияның Швециядағы елшісі Рудольф Надольный алған. Бірақ алдын-ала ол Эйнштейннің хаттарында да Германияның пуқарасы екенлігі хаттарында тастыйықлаушы хаттар сораған. Пруссия илимлер академиясы Эйнштейннің Германияның пуқарасы екенлігін, бірақ оның Швейцарияның да пуқарасы екенлігінің мойынланатуғынлығы хаттарында рәсімий түрде тастыйықлаған (Пруссия илимлер академиясының телеграммасында "Жууап: Эйнштейн – рейхтың пуқарасы" деген төрт сөз жазылған).

Нобель сыйлығына миясар болған илимпазлардың Нобель лекциясын оқытуғынлығын атап өтеміз. Бул жағдай дәстүрге айланған. Усындай Нобель лекциясын ол 1923-жыл июль айында оқыған хәм оны фотоэлектрлік эффект кубылысына емес, ал салыстырмалық теориясына бағышлаған.

1922-жылы Нобель сыйлығы ақшалай 121 572 швеция кроны ямаса 32 250 АҚШ долларына тең болған. Бул ақшаның муғдары сол дәуірдегі профессордың бір жыл дауаында алатуғын айлығының муғдарынан 10 еседен көбірек болған. Милева Марич пенен ажырасқандағы шәртнамаға сәйкес сол ақшалардың бір бөлімін Эйнштейн Цюрих қаласына бұрынғы хаялының атындағы трастық қорға өткерген. Усы қордан түскен пайданы Милева Марич пенен оның балалары пайдаланатуғын болған. Қалған ақша қаржыларын Эйнштейн АҚШ қа, кирис процентлерін өзінің пайдаланыуы ушын жиберген. Марич болса алған ақшаларының барлығын Цюрих қаласында үш доходлы үй сатып алыу ушын жумсаған.

1922-1933 жыллар. Берлин

1923-жылы өзінің саяхатын жууақлағаннан кейін Иерусалим қаласында шығып сөйледі. Бул жерде 1925-жылы Еврей университети ашылды.

1924-жылы Индиялы жас физик Шатъендронат Бозе [Сатъендра Нат Бозе (инглиз тилинде Satyendra Nath Bose) ямаса Шотендронат Бошу (бенгал тилинде সত্যেন্দ্র নাথ বসু), 1894-жылы Калькутта қаласында тууылған хәм 1974-жылы сол қалада қайтыс болған Индияның уллы физик-теоретиги] өзінің қысқа хатында Эйнштейннен хәзирги заман квантлық статистикасының тийкарында турған идея усынылған өзінің мақаласын баспа сөзде жәриялау хаттарында жәрдем сораған. Бозе жақтылықты фотонлардан туратуғын газ деп қарауды усынған. Хат пенен танысқан Эйнштейн бул статистиканы атомлар менен молекулалар ушын да пайдаланыуға болады деген жууаққа келген. 1925-жылы ол Бозениң мақаласының немис тилиндегі аудармасын, буннан кейін Бозениң моделин спинлери пүтин болған бір биринен парқы жоқ бөлекшелер (бундай бөлекшелерди бозонлар деп атайды) ушын улыуымалыстырудың салдарынан алынған нәтийжелери баянланған мақаласын баспадан шығарған. Хәзирги уақыттары бундай статистиканы Бозе-Эйнштейн

статистикасы деп атайды. Усы статистиканы дөретиу менен 1920-жыллардың ортасында еки физик затлардың бесинши агрегат халы болған Бозе-Эйнштейн конденсатының бар болууының керек екенлигин теориялық жақтан тийкарлады.

Бозе-Эйнштейннің конденсатының мәниси мыналардан ибарат: температура абсолют нолге жақынлағанда идеаллық бозе-газдың бөлекшелери импульси ноге тең халға өтеди. Бундай жағдайда бөлекшелердің жыллылық қозғалысына сәйкес келиуши де Бройль толқын узынлығының мәниси менен бөлекшелер арасындағы қашықтықлардың орташа мәниси шама менен бирдей болады. 1955-жыллы биринши конденсат Колорадо университетинде алынды. Соннан бери қәнигелер водородтан, литийден, нарийден, рубидийден хәм гелийден туратуғын конденсатлардың бар болатуғынлығын әмелий жақтан дәлилленди.

1929-жылы пүткил дүнья Альберт Эйнштейннің 50 жыллығын үлкен көтеріңки түрде белгиледи. Оның өзи сол салтанатларға қатнаспаған, ал Подстам қаласының қасындағы вилласында болған. Бул виллада ол роза гүллерин үлкен қызығыушылық пенен өсирген, илим ғайраткерлери менен атлары дүньяға белгили болған Рабиндранат Тагорды, Эммануил Ласкерди, Чарли Чаплинди хәм басқа да адамларды қабыл еткен.

1931-жылы А.Эйнштейн АҚШ қа және келген. Пасадина қаласында (Калифорния штатының бул киши қаласында Калифорния технологиялық институты – Калтех жайласқан) оны Альберт Абрахам Майкельсон (Albert Abraham Michelson; 1852-жылы Пруссияда тууылған хәм А.Эйнштейн менен ушырасқаннан төрт ай кейин 1931-жылы 9-май күни Пасадина қаласында қайтыс болған АҚШ физиги). Жаздың күни Берлинге қайтып келгеннен кейин ол Физикалық жәмийет алдында шығып сөйлеп, салыстырмалық теориясының фундаментине ең биринши тасты қалаған оғада зор экспериментатор Майкельсонның илимдеги, соның ишинде салыстырмалық теориясының дөретилиуиндеги тутқан орны хаққында айтқан хәм бас ийген.

Теориялық жумыслар менен бирге А.Эйнштейн бир неше ойлап табыуларға да ийе. Олардың ишинде төмендегилерди атап өтиу мүмкин:

1. Конрад Габиخت пенен бирликте оғада киши кернеулерди өлшеу;
2. Фотосүүретке түсириуде экспозиция уақытын автомат түрде анықлайтуғын дүзилис;
3. Еситиу аппараты;
4. Силард пенен биргеликте шауқымсыз ислеитугын салқынлатқыш (холодильник);
5. Гидрокомпас.

Шама менен 1926-жылға шекем А.Эйнштейн физиканың көп тараулары бойынша жумыс ислеиди. Буннан кейин ол тийкарынан квантлық машқалалар хәм майданның бирден бир теориясын дөретиу мәселелери менен шуғылланды.

Квантлық механиканың интерпретациясы

Хәзирги заман илиминің тийкарында жатқан квантлық механиканың тууылыуы Альберт Эйнштейннің тепериш түрде қатнасуы менен жүзеге келди. Квантлық механикадағы орны уллы болған жумысын баспа сөзде жәриялағанда Эрвин Шрёдингер 1926-жылы "Эйнштейннің қысқа хәм узақтан көргиш ескертиулеринің" үлкен тәсир тийгизгенин атап өткен.

1927-жылы өткерилген Бесинши Сольвеев конгруссинде Эйнштейн Макс Борнның хәм Нильс Бордың квантлық механиканың математикалық моделин "итималлықлық характерге ийе модель" деген интерпретациясына (бундай интерпретацияны илимде "Копенгагенлик интерпретация" деп атайды) пүткиллей қарсы шықты.

Биз физика менен химия илимлериниң раўажланыўына өзиниң салмақлы үлесин қосықан Сольвеев конгресслери (конференциялары, Conseils Solvay) ҳаққында қысқаша еске түсиремиз:

Конгресслер 1911-жылдан баслап Брюссель қаласында физика хәм химия бойынша халық аралық Сольвеев институты тәрәпинен өткерилип турған. Хәр бир конгресс илимпазлардың дыққат орайында турған физика менен химияның актуаллық фундаменталлық машқаласын таллаў ушын өткерилген. Бельгиялы алым хәм санаатшы Эрнст Сольвениң басламасы хәм қәрежети менен 1911-жылы өткерилген биринши конгресс XX әсирдеги физиканың раўажланыўындағы өзгерис орны болып табылады.

Конгресслерди өткерийўдеги әдеттеги интервал үш жыл болған. Бирақ дүнъялық урыс жыллары үлкен паузалар да орын алған. 1911-жылдан 2012-жылға шекем Брюссель қаласында физика бойынша 25, ал химия бойынша 22 Сольвеев конгресси болып өткен.

Биз А.Эйнштейнниң квантлық механика жөниндеги көз-қарасларын баянлаўға қайтып келемиз. Ол Копенгагенлик интерпретацияның тәрәпдарларының "зәрүрликтен жақсы нәрсени" ислеўге тырысатуғынлығын, ал итималлықлық характердиң бизиң микропроцесслердиң физикалық мәнисин толық түсинбеўимиздиң себеби екенлигин дағазалады. Ол "Қудай асық ойнамайды" (немисше *Der Herrgott würfelt nicht*) деп айтқан. Ал жуўап ретинде оған Нильс Бор: «Эйнштейн, қудайға нени ислеўдиң керек екенлигин көрсетпе» деген. Эйнштейн "Копенгагенлик интерпретацияны" тек ўақытша интерпретация, ал ўақыттың өтиўи менен микродүнъяның теориясы раўажланады хәм нәтийжеде итималлықлық интерпретацияға ийе емес квантлық механика қәлиплеседи деп есаплады. Оның өзи дара нәтийжеси квантлық механика болып табылатуғын детерменистлик сызықлы емес теорияны дәретиўге тырысты.

Квантлық механикада "Копенгагенлик интерпретация" ҳәзирги күнлерге шекем әҳмийетин жоғалтпады.

1933-1955 жыллар. Принстон

1933-жылы Альберт Эйнштейн нацистлик Германиядан АҚШ қа биротала көшип өтеди.

Веймарлық Германияда экономикалық кризистиң кескинлесиўи менен сиясий жағдай төменлеген. Усының нәтийжесинде радикаллық-миллетлик хәм антисемитлик (антисемитизм деп этник ямаса диний группа сыпатында еврейлерге болған миллий жек көриўшиликтиң бир формасына айтады) көз-қараслар күшейген.

А.Эйнштейнди кемситиў хәм оған күш көрсетиў хәрекетлери де ушыраса баслаған. Листовкалардың бирине оның басына 50 000 марка ақша дағазаланған. Власть басына нацистлер келгеннен кейин Эйнштейнниң илимий мийнетлериниң барлығы ҳақыйқый немис физиклериники ямаса ҳақыйқый илимниң бузып көрсетилген түри деп дағазаланды.

Нобель сыйлығының лауреаты, "Немис физикасы" группасын басқарған Филипп Эдуард Антон фон Ленард (немисше *Philipp Eduard Anton von Lenard*, 1862-жылы Австрия империясының аймағында, 1947-жылы Германияда қайтыс болған немис физиги, қатты денелер физикасы менен атом физикасы бойынша белгили жумыслардың авторы, 1905-жылы оған "катод нурлары бойынша жумыслары ушын" Нобель сыйлығы берилди) XX әсирдиң 20-жыллары салыстырмалық теориясының душпанына хәм "Ариан физикасы" ("арийская физика") деп аталатуғын физиканың үгит-нәсиятшысына айланды. Ол былай деди: «Тәбиятты үйрениўге еврейлер топарының ең қәўипли тәсирине мысал ретинде ески мағлыўматлардан хәм

ықтыярлы түрде қосылған қосымшалардан туратуғын теориялары хәм математикалық мәніссіз бос сөзлерге ийе Эйнштейнди көрсетіуге болады... Немистиң еврейдің руұхый дауам етіушиси бола алмайтуғынына бизиң түсиниұимиз керек". Германияның барлық илимий дөгереклерінде миллий көсеткишлери хәм расасы бойынша тазалау ислери қызғын түрде басланды.

Усындай жағдайлардың ақыбетинен 1933-жылы А.Эйнштейн Германияны таслап кетіуге мәжбүр болды. Өзиниң шаңарақ ағзалары менен ол АҚШ қа мийман визасы менен өтті. Кейинирек нацизмнің жинаятлы ислерине наразылығының белгиси ретінде Германияның пуқаралығынан хәм Пруссия және Бавария Илимлер академияларының ағзалығынан бас тартты.

АҚШ та Альберт Эйнштейн Принстон (Нью-Джерси штаты) қаласында жаңадан ашылған перспективалық изертлеулер институтында физика профессоры лауазымын алды. Оның үлкен баласы Ганс-Альберт (1904—1973) әкесиниң изин қууды хәм ол кейинирек гидравлика бойынша көпшиликке танылған қәнигеге айланды хәм 1947-жылдан баслап Калифорния университетиниң профессоры лауазымында иследи. А.Эйнштейнниң кишкене баласы Эдуард (1910—1965) 1930-жылдан баслап ауыр науқасланған хәм өзиниң өмирин Цюрих қаласындағы психиаторлық емлеуханада тауысқан. Эйнштейнниң еки атаға барған қарындасы Лина Освенцим өлим лагерінде, ал екинши қарындасы Берта Дрейфус Терезиенштадт концлагерінде қайтыс болған (өлтирилген).

Америка Құрамалы Штатларында А.Эйнштейн дәрхәл ең белгили хәм хұрметли адамлардың, тарийхтағы ең данышпан илимпазлардың бирине айланды. 1934-жылы январь айында оны АҚШ президенти Франклин Рузвельт Ақ үйге шақырған хәм оның менен узақ уақыт сәубетлескен. Ол сол күни Ақ үйде қонған. Хәр күни Эйнштейн жүзлеген хатлар алған және олардың дерлик барлығына да жууап бериуге тырысқан. Аты дүньяға белгили илимпаз барлық уақытта да әпиұайы, талапшаң емес, ашық минезли адам болып қалған.

1936-жылы декабрь айынша жүрек аурыуының себебинен ҳаялы Эльза кайтыс болады. Оннан үш ай бурын Цюрих қаласында Марсель Гроссман дүньядан өтеди. Эйнштейнниң жалғызлығын оның қарындасы Майя, өгей қызы Марго (Эльзаның биринши некесинен тууылған қыз), секретары Эллен Дюкас, Арыслан атлы пышығы Чико деген ақ реңли ийти билдирмеуге тырысқан. Эйнштейн ҳеш уақытта да автомобиль ямаса телевизор сатып алмаған. 1946-жылы инсульттиң ақыбетинде Майя паралич болып қалған хәм оған хәр күни кеште Эйнштейн китаплар оқып берген.

1939-жылы август айында Венгриядан келген физик-эмигрант Лео Силарданның басламасы менен А.Эйнштейн АҚШ Президенти Ф.Рузвельтке хат жазады. Хат нацистлик Германияның атом болмасын дөретиу мүмкиншилигиниң бар екенлигине Президенттиң дыққатын аударыуға қаратылған еди. Бир неше ай ойланыудан кейин Рузвельт бул қәуипке дыққат аударыудың зәрүрли екенлиги ҳаққында шешимге келген хәм атом қуралын дөретиу бойынша өзиниң проектин ашқан. Эйнштейнниң өзи бул проектке қатнасқан жоқ. Бирақ кейинирек ол жазған хаты ушын пушайман жеген. Себеби АҚШ тың жаңа президенти Гарри Трумэн ушын ядролық энергия басқа мәмлекетлерди қорқытуу ушын қурал сыпатында пайдаланыла баслады. Буннан кейин ол ядро қуралын, бундай қуралдың Япониядағы Херосима хәм Нагасаки қалаларында қолланылыуын әшкаралай баслады. Американың ядролық программасын тезлестиріу бойынша өзиниң қосқан үлесин ол өзиниң өмириндеги ең үлкен трагедия деп есаплады. Оның "Биз урыста жеңип шықтық, бирақ паряхатшылықты жеңе алмадық", "Егер үшінши Жер жүзилик урыста атом бомбалары менен урысса, онда төртинши Жер жүзилик урыста оқ жай менен урысады" деген афоризмлери кеңнен мәлим.

Albert Einstein
Old Grove Rd.
Hassau Point
Pasosio, Long Island
August 2nd, 1939

F.D. Roosevelt,
President of the United States,
White House
Washington, D.C.

Sir:

Some recent work by E. Fermi and L. Szilard, which has been communicated to me in manuscript, leads me to expect that the element uranium may be turned into a new and important source of energy in the immediate future. Certain aspects of the situation which has arisen seem to call for watchfulness and, if necessary, quick action on the part of the Administration. I believe therefore that it is my duty to bring to your attention the following facts and recommendations:

In the course of the last four months it has been made probable - through the work of Joliot in France as well as Fermi and Szilard in America - that it may become possible to set up a nuclear chain reaction in a large mass of uranium, by which vast amounts of power and large quantities of new radium-like elements would be generated. Now it appears almost certain that this could be achieved in the immediate future.

This new phenomenon would also lead to the construction of bombs, and it is conceivable - though much less certain - that extremely powerful bombs of a new type may thus be constructed. A single bomb of this type, carried by boat and exploded in a port, might very well destroy the whole port together with some of the surrounding territory. However, such bombs might very well prove to be too heavy for transportation by air.

-2-

The United States has only very poor ores of uranium in moderate quantities. There is some good ore in Canada and the former Czechoslovakia, while the most important source of uranium is Belgian Congo.

In view of this situation you may think it desirable to have some permanent contact maintained between the Administration and the group of physicists working on chain reactions in America. One possible way of achieving this might be for you to entrust with this task a person who has your confidence and who could perhaps serve in an unofficial capacity. His task might comprise the following:

a) to approach Government Departments, keep them informed of the further development, and put forward recommendations for Government action, giving particular attention to the problem of securing a supply of uranium ore for the United States;

b) to speed up the experimental work which is at present being carried on within the limits of the budgets of University laboratories, by providing funds, if such funds be required, through his contacts with private persons who are willing to make contributions for this cause, and perhaps also by obtaining the co-operation of industrial laboratories which have the necessary equipment.

I understand that Germany has actually stopped the sale of uranium from the Czechoslovakian mines which she has taken over. That she should have taken such early action might perhaps be understood on the ground that the son of the German Under-Secretary of State, von Weizsäcker, is attached to the Kaiser-Wilhelm-Institut in Berlin where some of the American work on uranium is now being repeated.

Yours very truly,
Albert Einstein
(Albert Einstein)

А.Эйнштейннің АҚШ президенті Франклин Делано Рузвельтке жазған 2 бетлік хатының фотонұсқасы.

Урыстан соңғы жыллары Альберт Эйнштейн Илимпазлардың парахатшылық ушын Пагуош хәрекетінің тийкарын салыушылардың бирине айланды. Оның биринши конференциясы 1957-жылы алым қайтыс болғаннан кейин шөлкемлестірилди.

Илимпазлардың Пагуош хәрекеті (инглиз тилинде Pugwash Conferences on Science and World Affairs) парахатшылық, қуралсызланыу хәм халық аралық қәуіпсизлик, пүткил дүньялық термоядролық урысты болдырмау хәм илимий бирге ислесиуге қаратылған илимпазлардың хәрекеті болып табылады. Пагуош хәрекеті 1955-жылы туылды. Усы жылы дүньяға мәлим 11 илимпаз (олардың ишинде А.Эйнштейн, Б.Рассел, М.Борн, П.У.Бриджмен, Л.Инфельд, Л.Полинг, Дж.Ротблат хәм Ф.Жолио-Кюрилер бар) манифест пенен шығып, бул манифестте Жер жүзи жәмәәтшилигин ядролық энергияны әскерий мақсетлерде қолланыуға қарсы конференция өткериуге шақырған.

1987-жылы болса студентлердің Халық аралық Пагуош хәрекеті дөретилды.

Бундай хәрекетті дөретиу бойынша баслама кеңнен белгили болған Рассель-Эйнштейн манифести деп аталатуғын манифесттен басланады. Бул хұжетте водород бомбасын дөретиу менен пайдаланыудың адамзат ушын қәуіпи баянланған.

Эйнштейн өмиринің ақырына шекем космология бойынша изертлеулерди дауам етти. Бирақ оның тийкарғы дыққаты майданның бирден бир теориясын дөретиуге қаратылған еди. Бул мәселелерде оған профессионал математиклер, олардың ишинде Пристонлы Джон Кемени жәрдем берген. Формаллық жақтан бул жумыслардың әхмийетли нәтийжелери де болған. Ол хәтте майданның бирден бир теориясының еки версиясын да ислеп шықты. Еки модель де (версия да) математикалық жақтан жүдә сулыу. Олардан тек улыұмалық салыстырмалық теориясы ғана емес, ал Максвелл электродинамикасы толығы менен келип шығады. Бирақ олар жаңа физикалық нәтийжелерди бермеди. Ал физика менен байланыслы болмаған таза математика оны хеш қашан да қызықтылмады хәм сонлықтан ол ислеп шыққан моделлеринің екеуин де бийкарлады.

1929-жыллары Эйнштейн Калуца менен Клейннің идеяларын рауажландырыуға тырысты. Бул идея бойынша дүнья бес өлшемге ийе, бесинши өлшем микроөлшемлерге ийе хәм сонлықтан ол көринбейди. Оның жәрдемінде физикалық

жаңа қызықты нәтижелерді алыудың сәтi түспедi хәм усының салдарынан көп өлшемлi теориядан бас тартыуға тууры келген. Бирден бир теорияның 1950-жыллары дәретилген екiншi версиясында болса кеңислик-ұақыт тек қыйсықлыққа ғана емес, ал буралыуларға да ийе деп болжанды. Бул версия да өзiнiң ишине улыұмалық салыстырмалық теориясы менен Максвелл электродинамикасын алды. Бирақ тек макродұньяны емес, ал микродұньяны да өзiнiң ишине алатуғын теңлемелердiң ең ақырғы түрин алыу мүмкиншилиги болмады.

1955-жылы Альберт Эйнштейннiң ден саўлығы кескин түрде төменлеген. Ол досларына "Мен Жердiң бетиндеги ұазыйпаларымды орынладым" деп айтқан.

Альберт Эйнштейн 1955-жылы 18-апрель күни Принстон қаласында қайтыс болған. Өлеринiң алдында ол немис тилинде бир неше сөз айтқан. Бирақ оның қасында болған америкалы медсестра айтылған сөзлерге түсинбеген. Оны жерлеу церемониясына тек 12 адам ғана қатнасқан. Оның денеси Юинг-Семетери (Ewing Cemetery) крематориясында жағылған хәм күли самалда шашылған. Сонлықтан оның қәбири жоқ.

Бахтияр Абдикамалов, физика кафедрасының профессоры.