ЦАГ ХУГАЦААНЫ ТОВЧ ТҮҮХ

ИХ ТЭСРЭЛТЭЭС ХАР НҮХ ХҮРТЭЛ

СТИВЕН ХОКИНГ

Стивен Хокинг

Цаг хугацааны товч түүх

Талархал

Энэхүү номыг Жейнд зориулав.

1982 онд Харвардад Лёбовын багц лекцийг уншсаныхаа дараа би орон зай цаг хугацааны тухай хялбаршуулсан ном бичиж үзэхээр шийдсэн юм. Тэр үед эртний орчлон ертөнц, хар нүхний тухай олон тооны ном байсны дотор Стивен Вайнбергийн *"Эхний гурван хором"* шиг сайн ном, энд нэрийг нь дурдахын хэрэггүй муу ном ч байсан билээ. Гэхдээ орчлон судлал болон квант онолыг судлах хүслийг надад төрүүлсэн орчлон ертөнц хаанаас үүссэн бэ? яаж, яах гэж үүссэн бэ? тэр мөхөх үү, хэрэв мөхөх бол яаж мөхөх вэ? зэрэг асуудлыг тэдний нэг нь ч хөндөөгүй юм шиг санагддаг. Эдгээр асуултыг бид бүгдээрээ сонирхдог. Гэтэл эдгээр асуудлыг шийдэхэд тусалдаг математикийн учрыг цөөн тооны мэргэжилтэн л ойлгож чадахаар тийм их мэдлэг, ур чадвар шаардсан шинжийг орчин үеийн шинжлэх ухаан олжээ.

Гэхдээ орчлон ертөнцийн үүсэл, цаашдын хувь заяаны талаарх үндсэн төсөөллийг математикгүйгээр шинжлэх ухааны боловсрол олоогүй хүмүүст ч ойлгомжтойгоор илтгэн өгүүлж болно. Үүнийг л би энэ номдоо гүйцэлдүүлэхийг хичээсэн юм. Ингэж чадсан эсэхийг минь уншигчид шүүнэ биз ээ. Номонд орсон томъёо бүр худалдан авагчдын тоог хоёр дахин бууруулдаг гэж надад хэлж байсан. Тэгэхэд нь би ямар ч томъёогүйгээр асуудалд хандахаар шийдсэн юм. Гэлээ ч эцсийн эцэст нэг л томъёо, Эйнштейний алдарт E=mc^2 томъёог орууллаа. Энэ нь чадварлаг уншигчдын маань тэн хагасыг үргээчихгүй гэдэгт би итгэж байна.

Хажуугийн хатингиралт хатуурал буюу хөдөлгөөний мэдрэлийн эсийн өвчнөөр өвдсөнийг минь эс тооцвол бусад бүх зүйлд намайг аз түшиж байлаа. Эхнэр Жейн, хүү Роберт, Тимми, охин Люси нарын маань надад үзүүлсэн тусламж дэмжлэг амьдралын хэвийн байдалдаа эргэн орж, ажилдаа амжилт гаргах бололцоо олгосон. Онолын физикийг сонгосон маань бас аз болов, учир нь тэр бүхэлдээ ой ухаанд минь байсан юм. Тэгэхээр миний биеийн доройтол ноцтой саад болоогүй. Шинжлэх ухааны найз нөхөд минь бүгдээрээ туйлын их дэмжлэг үзүүлж байлаа.

Ажлын маань эхний, "сонгодог" үед ойрын туслагч, хамтрагчид маань Рожер Пенроуз, Роберт Герок, Брендон Картер, Жорж Эллис нар байв. Надад тусалж, хамтран ажилласан тэдэндээ талархаж байна. Эллистэй хамтран бичсэн "Орон-цагийн том хэмжээний бүтэц" ном 1973 онд хэвлэгдсэнээр энэ үе өндөрлөсөн юм. Уг номоос нэмэлт мэдээлэл авч болно гэж уншигчдадаа зөвлөмөөргүй байна. Учир нь тэр ном хэтэрхий математик шинжтэй, тэгээд ч уншихад хүнд. Тэр үеэс хойш илүү ойлгомжтой бичиж сурсан гэдэгтээ би итгэлтэй байдаг.

1974 оноос эхэлсэн ажлынхаа хоёр дахь, "квантын" үедээ Гарри Гибсон, Дон Пейж, Жим Хартл нартай голлон ажилласан юм. Тусламж гэдэг үгийн шууд утгаар ч, шилжсэн утгаар ч тусламж үзүүлсэн тэдэндээ болон шавь нартаа би маш их талархаж байна. Шавь нараасаа хоцрохгүй байх хэрэгцээ шаардлага намагт шигдэхээс намайг аварсан хамгийн чухал түлхэц болсон гэдэгт би итгэдэг. Энэ номыг боловсруулахад шавь нарын маань нэг Брайн Уитт их тус хүргэсэн билээ. Номынхоо анхны ноорогийг биччихсэн байсан 1985 онд би уушигны хатгалгаа туслаа. Төвөнхөд гуурс суулгах хагалгаа хийлгэх хэрэгтэй болж, хагалгааны дараа би ярьж чадахаа больсон юм. Ингээд харилцах боломжоо бараг алдав. Номоо дуусгаж чадахгүй нь дээ гэж тэр үед бодож байлаа. Гэвч Брайн номыг засаж сайжруулахад төдийгүй Калифорнийн Саннивелийн Words plus, Inc компанийн Волт Волтошоос надад бэлэглэсэн харилцааны Living center программыг ашиглаж сурахад минь тусалсан. Энэ программын тусламжтайгаар ном, өгүүлэл бичиж, Санннвелийн өөр

нэг компани Speech Plus-аас надад бэлэглэсэн яриа нийлэгжүүлэгчийн тусламжтайгаар хүмүүстэй ярьж чаддаг болов. Дэвид Мэйсон энэ нийлэгжүүлэгчийг жижигхэн персонал компьютерийн хамт тэргэнцэрт минь суурилуулж өгсөн юм. Энэ систем бүгдийг өөрчилсөн билээ. Үнэндээ би одоо дуу хоолойгоо алдахаас өмнөх үеэсээ илүү дээр харилцаж чаддаг болсон.

Номын анхны хувилбартай танилцаж, энэ номыг сайжруулахад тус болох зөвлөгөө өгч байсан хүмүүст талархал илэрхийлье. Ялангуяа, Bantam books хэвлэлийн газрын редактор Петер Гуззарди маань сайтар тайлбарлагдаагүй гэж үзсэн зүйлсийнхээ тухай санал асуулгатай захидлуудыг ар араас нь илгээж байлаа. Зөвлөгөө, залруулгын маш урт жагсаалтыг хүлээн аваад би маш их цочирдсоноо хүлээх хэрэгтэй гэвч Гуззардийн зөв байсан. Гуззарди алдааг минь түншиж байсны ачаар энэ ном сайн болсон гэдэгт би итгэдэг.

Би өөрийн туслагч Колин Вилльямс, Дэвид Томас, Реймонд Лэфлемм нартаа, нарийн бичиг Жуди Фелл, Энн Ральф, Шерил Биллингтон, Сью Мэйси болон сувилагч нартаа гүн талархлаа илэрхийлье. Гонвилл-энд-Кайюс-Коллеж, Шинжлэх Ухаан, Техникийн Судалгааны Хороо, Леверхулм, Мак-Артур, Нуффилд, Ральф Смитийн Сангаас шинжлэх ухааны судалгаа эмнэлгийн бүх зардлыг даагаагүйсэн бол би юунд ч хүрч чадахгүй байсан. Тэдэнд маш их талархаж байна.

Стивен Хокинг, 1987 оны 10 сарын 20

Удиртгал

Бид ертөнцийн талаар бараг юу ч мэдэхгүй амьдарч байна. Амьдралыг тэтгэгч нарны гэрлийг үүсгэдэг механизмийн тухай, огторгуйд биднийг унагачхалгүй дэлхий дээр барьж байдаг таталцлын тухай ч юм уу эсвэл биднийг бүрдүүлдэг, бүтцээс нь бид өөрсдөө гол төлөв хамаардаг атомын тухай төдий л сонирхохгүй байна. Байгаль яагаад ийм байдаг вэ, огторгуй хаанаас үүссэн бэ, эсвэл тэр эндээ л байсан уу, хэрэв цаг хугацаа хэзээ нэг цагт буцаж ухарвал үр дагавар шалтгааныхаа өмнө байх уу, үгүй юу, хүн төрөлхтний танин мэдэхүйд эцсийн зааг бий юу гэдгийг бодож суудаг хүн (ийм нухацтай асуулт тавьдаггүйгээ ч сайн мэдэхгүй) хүүхдүүдийг эс тооцвол ховор ажээ. Юуг хар нүх гэх вэ, бодисын хамгийн жижиг хэсэг юу вэ, яагаад бид өнгөрснийг мэддэг, ирээдүйг мэддэггүй вэ, хэрвээ эхлээд эмх замбараагүй байсан бол одоогийн, харагдахуйц эмх цэгц яаж бий болов, яагаад орчлон ертөнц оршин байна вэ гэдгийг мэдэхийг хүсдэг хүүхдүүд ч байдаг, би тэдэнтэй тааралдаж байсан. Эцэг эх, багш нар эдгээр асуултын ихэнхэд мөрөө хавчин хариулах эсвэл ой ухаанд нь бүүр түүрхэн хадгалагдан үлдсэн шашны домгоос эш татах үзэгдэл нийгэмд маань байсаар л байна. Иймэрхүү асуулт хүний ойлгохуйн хязгаарлагдмал байдлыг тодорхой илэрхийлдэгээс заримд нь эдгээр асуулт таалагддаггүй аж. Гэтэл философи, байгалийн шинжлэх ухааны хөгжил иймэрхүү асуудлын ачаар үндсэндээ урагш ахисан билээ. Иймэрхүү төрлийн асуулт тавихыг хүсдэг насанд хүрэгчдийн тоо нэмэгдэж байгаа ба тэд заримдаа нилээд хачирхалтай хариултыг сонсож байна, Бид маш багыг ч, маш томыг ч аль алиныг нь хамрах үүднээс судалгааныхаа хаяаг атом руу ч, од руу ч ижилхэн тэлж байна.1974 оны хавар сансрын "Викинг" хөлөг Ангараг дээр газардахаас хоёр орчим жилийн өмнө би Лондонгийн Вангын Нийгэмлэгээс зохион байгуулсан, харь гарагийн иргэншлийг хайх бололцоог хэлэлцсэн бага хуралд оролцон Англид байлаа. Завсарлагааны цагаараа зэргэлдээх танхимд болж байгаа олон хүнтэй хурлыг сонирхон тийш орсон юм. Тэгээд би шинжлэх ухааны ахмад байгууллагуудын нэг болох Вангийн Нийгэмлэгт шинэ гишүүн элсүүлэх, эртний нэгэн заншлын гэрч болж байгаагаа төдөлгүй ойлгосон билээ. Тэргүүн эгнээнд, тахир дутуу хүний тэргэнцэрт суусан нэгэн залуу эхний хуудсуудад нь Исаак Ньютоны гарын үсэг хадгалагдан байдаг номонд нэрээ ихэд удаан бичив. Түүнийг бичиж дуусахад алга ташилт нижигнэсэн юм.

Стивен Хокинг тэр үед аль хэдийн домог болчихсон байлаа. Өнөөдөр Хокинг Кембрижийн Их Сургуульд тэр нэгэн цагт Ньютон, хожим П.А.М. Дирак-нэг нь хамгийн томыг нөгөө нь хамгийн багыг судалж байсан алдарт хоёр судлаачийн хүртэж байсан Люкасийн нэрэмжит математикийн Профессор болжээ. Хокинг бол тэдний зүй ёсний залгамжлагч мөн. Мэрэгжлийн биш хүмүүст зориулан туурвисан Хокингийн энэхүү анхны ном нь өргөн олон уншигчдад тустай олон зүйлийг агуулсан байна. Ном агуулгынхаа багтаамжаар төдийгүй, зохиогчийнхоо оюун ухаан хэрхэн ажилладагийг үзүүлж байгаараа сонирхолтой. Та бүхэн энэ номноос физик, одон орон, орчлон судлал хийгээд эр зоригийн огтолцлол дээрх тодорхой нээлтийг олж харна.

Гэхдээ энэ нь бас Бурханы тухай ... тэгэхдээ Бурхан байхгүйн тухай ном байж мэдэх юм. Бурхан гэдэг үг энэ номонд олонтоо тааралдана. Орчлон ертөнцийг туурьвиж байхдаа Бурханд ямар нэг сонголт байсан болов уу гэсэн Эйнштейний алдарт асуултын хариуг олох эрэлд Хокинг морджээ. Хокинг, өөрийнх нь бичсэнчлэн, Бурхны санааг ойлгож мэдэхийг оролдсон байна. Энэ хайгуулын явцад одоогоор хүрээд буй үр дүн нь бүр ч гайхалтай агаад орчлон ертөнц орон зайд хил хязгааргүй цаг хугацаанд эхлэл, төгсгөлгүй, Бүтээгчийн хувьд хийх зүйл үгүй ажээ.

Карл Сэйган,

Нэгдүгээр бүлэг

Орчлон ертөнцийн тухай бидний төсөөлөл

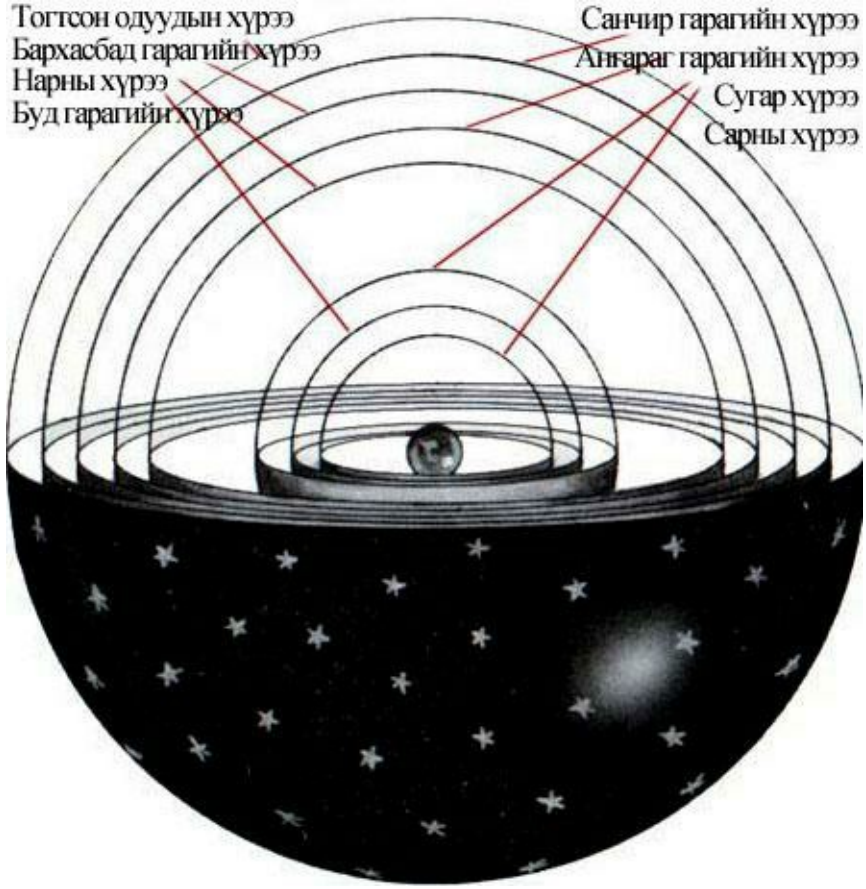
Нэг удаа алдартай нэгэн эрдэмтэн (түүнийг Бертран Рассел байсан гэлцдэг) одон орны талаар олон нийтэд зориулсан лекц уншжээ. Тэрээр дэлхий нарыг, нар өөрөө манай галактик гэгдэх оддын том чуулганы төвийг тойрон хэрхэн эргэдэгийг тайлбарлаж л дээ. Лекцийн төгсгөлд танхимын арын эгнээнээс хижээл насны, жижигхэн хатагтай босоод "Бидэнд ярьсан бүхэн чинь дэмий зүйл байна. Үнэн хэрэгтээ дэлхий чинь аварга яст мэлхийн нуруун дээр байгаа хавтгай таваг юм" гэв. Эрдэмтэн маань эелдэгхэн инээмсэглээд "Харин яст мэлхий юун дээр тогтдог вэ?" гэхэд "Хүү минь, чи үнэхээр ухаантай хүү байна. Яст мэлхий өөр нэг яст мэлхий дээр, тэр нь бас яст мэлхий дээр, гэх мэтээр доошлоно доо" гэж өнөөх хатагтай хариулсан гэдэг.

Орчлон ертөнц яст мэлхийн эцэс төгсгөлгүй цамхаг болох тухай ийм төсөөлөл бидний ихэнхэд инээдтэй санагдана, гэхдээ яагаад бид өөрсдийгөө илүү зөв мэддэг гэж боддог вэ? Орчлон ертөнцийн талаар бид юуг мэддэг вэ, үүнийгээ бид яаж мэдсэн бэ? Орчлон ертөнц хаанаас үүссэн, одоо хаашаа явж байна? Орчлон ертөнцөд эхлэл байсан уу, хэрэв байсан бол түүнээс өмнө юу болсон бол? Цаг хугацааны мөн чанар юу вэ? Тэрээр хэзээ нэг цагт зогсох уу? Зарим талаар гайхамшигт шинэ техникийн ачаар бий болсон физикийн сүүл үеийн ололтууд аль эрт тавигдсан асуултуудын заримынх нь ч болов хариултыг эцэслэн олоход хүргэж байна. Цаг хугацаа өнгөрч, эдгээр хариулт дэлхий нарыг тойрон эргэдэг гэдэг шиг илэрхий болж ч магад, эсвэл яст мэлхийн цамхаг гэдэг шиг инээдтэй зүйл ч болж магад. (Аль нь ч байлаа гэсэн) цаг хугацаа л үүнийг шийднэ.

Бүр МЭӨ 340 онд Грекийн философич Аристотель "Тэнгэр огторгуйн тухай" хэмээх номондоо дэлхий хавтгай биш, харин бөөрөнхий гэдэгт итгүүлэх хоёр чухал баримтыг гарган тавьжээ. Нэгд, сарны хиртэлт нар, сарны хооронд дэлхий ороход тохиодог гэдгийг Аристотель ойлгосон байна. Дэлхий саран дээр ямагт дугуй сүүдэр тусгадаг, энэ нь дэлхий бөмбөрцөг хэлбэртэй байхад л боломжтой. Хэрэв дэлхий хавттай, зээрэнцэг хэлбэртэй байсан бол нар зээрэнцэгийн тэнхлэг ташаа байрлах үед л хиртэлт үргэлж тохиодог биш бол сүүдэр нь сунасан зууван хэлбэртэй байх байсан. Хоёрт, аялал жуулчлалын туршлагаасаа грекчүүд өмнөд бүсүүдэд Алтан гадас умардынхаас доор харагддагийг мэддэг байлаа (Алтан гадас умард туйлын харалдаа байрладаг учраас тэр нь умард туйлд байгаа ажиглагчийн эгц дээр, харин экватор дээрх ажиглагчийн хувьд тэнгэрийн хаяанд байгаа мэт харагддаг). Алтан гадас одны харагдах байдал Египет, Грек хоёрт ялгаатай байдгийг мэдээд Аристотель дэлхийн тойргийн урт 400000 үетэй тэнцүү гэдгийг ч тооцоолон гаргажээ. Үе гэдэг нь ямар хэмжигдэхүүн болох нь тодорхойгүй боловч энэ нь хоёр зуун яард орчим бөгөөд чингэвэл Аристотелийн хийсэн тооцоо өнөө хүлээн зөвшөөрдөг утгаас барагцаалбал хоёр дахин их байгаа юм. Дэлхий бөмбөрцөг хэлбэртэй гэдэг дээр грекчүүдэд гурав дахь баримт ч байжээ. Хэрэв дэлхий бөөрөнхий биш юм бол бид яагаад тэнгэрийн хаяанаас гарч ирж байгаа хөлөг онгоцны дарвуулыг эхэлж хараад, дараа нь хөлөг онгоцыг өөрийг нь хардаг вэ?

Дэлхий хөдөлгөөнгүй, харин нар, сар, од, эрхэс түүнийг тойрон тойрог замаар эргэдэг гэж Аристотель боддог байлаа. Тэрээр дэлхий бол орчлон ертөнцийн төв, харин тойрог хөдөлгөөн бол хамгийн төгс хөдөлгөөн мөн гэсэн зөнч үзэлдээ итгэдэг байсан учраас ийн үзжээ. Энэ санааг орчлон судлалын бүхэл бүтэн загвар болгон II зуунд Птолемей хөгжүүлсэн юм. Дэлхий нь сар, нар, одод, болон тэр үед мэдэгдэж байсан Буд, Цолмон, Ангараг, Бархасбадь, Санчир гэсэн таван

гараг, нийт найман хүрээгээр хүрээлүүлэн төвд нь оршино (зураг 1.1).



зураг 1.1

Харин гарагууд зохих хүрээндээ баригдан, тэнгэр огторгуйд ажиглагдах нилээд нарийн нийлмэл замуудыг нь тооцож болохуйц бага тойргоор хөдөлдөг. Хамгийн гаднах хүрээнд бие биенээсээ ижил зайд түгсэн, бүгд нийлээд нэгэн цул болж тэнгэр огторгуйгаар замнадаг үл-хөдлөх одод байрлана. Уг хүрээний цаана юу байрладагийг тодорхой тайлбарлаагүй байдаг ч ямарч тохиолдолд энэ (зураг1.1) нь хүн төрөлхтний ажиглан хүртдэг орчлон ертөнцийн хэсэг огтхон ч биш ажээ.

Птолемейн загвар нь огторгуй дахь тэнгэрийн эрхэсийн байрлалыг урьдчилан хэлэхэд зориулагдсан нилээд сайн тогтолцоо байлаа. Гэхдээ тэдний байрлалыг урьдчилан хэлэхийн тулд сарны туулах зам зарим газраа дэлхийд хоёр дахин ойртдог гэсэн үндэслэлийг Птолемей дэвшүүлэх ёстой болжээ! Энэ нь нэг байрлалдаа сар бусад байрлалаасаа хоёр дахин том болж харагдах ёстой гэсэн үг! Птолемей энэ дутагдлыг ухаарсан байдаг. Гэсэн хэдий ч түүний онол газар сайгүй биш ч гэлээ ерөнхийдөө хүлээн зөвшөөрөгдсөн байжээ. Орчлон ертөнцийн талаарх Птолемейн загвар үл-хөдлөх оддын хүрээний цаана диваажин, тамд зориулсан уудам зайг үлдээснээрээ давуу байсан тул Христийн сүм хийдийнхэн энэ загварыг Ариун Бичээстэй тохирч байна хэмээн хүлээн авсан юм.

Гэвч 1514 онд Польшийн гэгээнтэн Николай Коперник бүр ч энгийн загварыг дэвшүүлэв. (Сүм хийдийнхэн өөрийг нь тэрс үзэлтэн гэж зарлахаас болгоомжилсондоо тэр үү Коперник загвараа эхэндээ нэргүйгээр ухуулан сурталчилж эхэлжээ.) Нар төв болж хөдөлгөөнгүй байдаг, харин дэлхий хийгээд бусад гараг түүнийг тойрон тойрог замаар эргэдэг гэдэгт түүний гол санаа оршино. Энэ санааг нухацтай авч үзэх хүртэл бараг зуун жил өнгөрсөн юм. Коперникийн

таамагласан тойрог замууд ажиглалттай тэр бүр таарахгүй байсан ч түүний онолыг хожим одон орон судлаач Германы Иоганн Кеплер, Италийн Галилео Галилей хоёр ил цагаан дэмжиж эхэлсэн байна. 1609 онд Аристотель-Птолемейн онол эцсийн амьсгалаа авчээ. Тэр жил Галилей өөрийн зохиосон огторгуйн дурангаар шөнийн тэнгэр огторгуйг ажиглаж эхэлсэн юм. Дурангаа Бархасбадь гараг руу чиглүүлсэн Галилей Бархасбадийг тойрон эргэж байгаа хэд хэдэн жижиг дагуул буюу саруудыг олж харжээ. Энэ нь тэнгэрийн эрхэс Аристотель, Птолемейн бодсон шиг дэлхийг шууд тойрон эргэх алба үгүй гэсэн үг. (Магадгүй хуучин янзаар нь дэлхий орчлонгийн төвд тайван байж байдаг, харин Бархасбадийн сарнууд Бархасбадийг тойрон эргэж байгаа мэт харагдахаар маш нарийн нийлмэл замаар дэлхийг тойрон хөдөлдөг гэж үзэж болох юм. Гэхдээ Коперникийн онол илүү энгийн байлаа.) Яг тэр үед Иоганн Кеплер гарагууд тойрог замаар биш, харин зууван (зууван бол гонзгой тойрог) замаар хөдөлдөг гэсэн таамаглалыг үндэс болгон Коперникийн онолыг өөрчилсөн байна. Урьдач таамаглалууд одоо л нэг юм ажиглалтын үр дүнтэй таарлаа.

Кеплерийн хувьд зууван нь тойргоос тийм ч төгс биш байсан учраас зууван тойрог замууд нь нилээд зохиомол, тохиромжгүй шинжтэй байжээ. Бараг санамсаргүйгээр зууван тойрог зам ажиглалттай сайтар таарч байсныг олж мэдээд ч Кеплер энэхүү баримтыг гарагууд соронзон хүчний үйлчлэлээр нарыг тойрон эргэдэг гэсэн санаатайгаа нэгтгэж чадаагүй юм. Тайлбар нь бүр хожуу 1687онд Исаак Ньютон физикийн шинжлэх ухаанд урьд хэвлэгдэж байсан бүтээлүүдээс магадгүй хамгийн чухал нь болох "Байгалийн философийн математик зарчмууд" хэмээх номоо хэвлүүлэх үед л олдсон билээ. Ньютон энэ номондоо орон зай, цаг хугацаанд биес хэрхэн хөдөлдөг тухай онолыг дэвшүүлсэн төдийгүй тэрхүү хөдөлгөөнийг задлан шинжлэх математикийн нарийн аргуудыг боловсруулсан юм. Түүнээс гадна орчлон ертөнцөд бүх бие бусад дурын биетэй тэдний масс их, хоорондын зай нь бага байх тутам улам хүчтэй таталцдаг гэсэн бүх ертөнцийн таталцлын хуулийг үүсгэл үнэн болгон томъёолсон байна. Энэ бол биеийг газар унагадаг тэр хүч юм. (Ньютоны толгой дээр унасан алим түүнийг сэнхрүүлсэн тухай өгүүлэл зохиомол гэдэг нь мэдээж. Ньютон өөрөө энэ талаар "алим унасанаас болж" "эрэгцүүлэл бодолд дарагдсан" байх үед таталцлын тухай санаа орж ирсэн гэж өгүүлжээ.) Цаашлаад уг хуулъ ёсоор таталцлын хүчний нөлөөгөөр сар дэлхийг тойрон зууван тойрог замаар замнадаг, харин дэлхий болоод гарагууд зууван тойрог замаар нарыг тойрон эргэдэг гэдгийг тэрээр үзүүлсэн юм. Коперникийн загвар Птолемейн тэнгэр огторгуйн хүрээнүүдээс, дашрамд нь орчлон ертөнц угаас хил хязгаартай байх тухай төсөөллөөс ангижруулсан билээ. Тэнхлэгээ тойрон эргэх дэлхийн хөдөлгөөнөөс болж тэнгэр огторгуйд өөрчлөгддөгийг нь эс тооцвол "үл-хөдлөх одод" байрлалаа үл өөрчилдөг учраас тэднийг манай нартай адил, гагцхүү хэтэрхий их алслагдсан биет гэж таамаглах нь зүй ёсны байв. Таталцлын тухай онол ёсоор одод бие биедээ татагддаг, иймд огт хөдөлгөөнгүй байж чадахгүй гэдгийг Ньютон ойлгосон байна. Тэд бүгдээрээ ямар нэг цэг дээр уначихгүй юу? Тухайн үеийн тэргүүний өөр нэг сэтгэгч Ричард Бентлид 1691 онд бичсэн захидалдаа хэрвээ орон зайн төгсгөлөг мужид төгсгөлөг тооны одод байсансан бол тийм юм үнэхээр болох байсан гэж Ньютон өгүүлжээ. Харин төгсгөлгүй тооны одод төгсгөлгүй орон зайд их бага ямар нэг хэмжээгээр нэгэн жигд түгсэн бол ийм юм хэзээ ч тохиолдохгүй, яагаад гэвэл тэдэнд уначихаар төв цэг байхгүй гэдгийг Ньютон бодож үзсэн ажээ.

Энэ үндэслэл бол төгсгөлгүйн тухай ярианд тулгарч болох бэрхшээлийн жишээ юм. Төгсгөлгүй орчлон ертөнцөд дурын цэгийг төв гэж үзэж болно, учир нь түүнээс аль ч зүгт төгсгөлгүй тооны одод байна. Бүх од төв рүү тэмүүлж бие бие дээрээ унах төгсгөлөг нөхцлийг сонгон аваад, авч үзэж буй мужийн гадна бараг нэгэн жигд тархсан одноос бага багаар нэмбэл ямар өөрчлөлтүүд гарах вэ гэдгийг тооцох нь илүү зөв хандлага болохыг бур хожим л ойлгосон билээ. Ньютоны

хуулиар нэмэлт одод анхны оддод ерөнхийдөө нөлөөлөхгүй, тэгэхээр одод сонгон авсан мужийн төв рүү урьдын адил унасаар байна. Бид хичнээн ч од нэмлээ гэсэн тэд бие бие дээрээ унах л болно. Хэрэв таталцал үргэлж татах хүч хэвээр байдаг бол төгсгөлгүй орчлон ертөнцийн тогтвортой загвар боломжгүй гэдэг нь өнөө үед тодорхой болжээ.

Орчлон ертөнц тэлж байна эсвэл хумигдаж байна гэж хэн ч бодож байгаагүй хорьдугаар зуунаас өмнөх шинжлэх ухааны сэтгэлгээний ерөнхий төлөвийг авч үзэх нь сонирхолтой юм. Орчлон ертөнц тогтвортой төлөвт үргэлж байсан, үгүй бол өнгөрсөн үед цаг хугацааны тодорхой нэг агшинд одоо байгаатайгаа ойролцоо байдлаар бүтээгдсэн гэж үзэж байв. Зарим талаар үүнийг мөнхийн үнэнд итгэх хуний хандлагаар, мөн тэд өөрсдөө хөгширч, үхлээ гэхэд орчлон ертөнц мөнх, өөрчлөгдөхгүй үлдэнэ гэж тайтгардагаар тайлбарлаж болох юм. Таталцлын тухай Ньютоны онол нь орчлон ертөнц тогтвортой байх боломжгүйг үзүүлсэн гэдгийг ойлгосон хүмүүс ч орчлон ертөнц тэлж байх ёстой гэж бодож байсангүй. Үүний оронд тэд таталцлын хүчийг маш хол зайд түлхэх хүч болгон онолыг өөрчлөн хувиргахыг оролджээ. Энэ нь гарагийн хөдөлгөөний таамаглагдах байдлыг өөрчлөөгүй ч төгсгөлгүй тархсан оддын хувьд ойрын од хоорондын татах хүч холын оддын түлхэх хүчтэй тэнцсэн тэнцвэр байж болохыг нөхцөлдүүлсэн юм. Гэхдээ ийм тэнцвэр тогтвортой бус байна гэж бид үздэг билээ. Учир нь ямар нэг мужийн хүрээнд одод өчүүхэн тодий ойртоход л тэдний хоорондын таталцлын хүч нэмэгдэн, түлхэлцлийн хүчнээс их болж одод улам л ойртоно. Нөгөөтэйгүүр од хоорондын зай өчүүхэн төдий нэмэгдвэл түлхэлтийн хүч давуу болж зай нь улам нэмэгдэнэ.

Төгсгөлгүй тогтвортой орчлон ертөнцийн загварын эсрэг өөр нэг эсэргүүцлийг 1823 онд ийм загварын тухай бичсэн, Германы философич Гейнрих Олберс дэвшүүлсэн гэдэг. Үнэндээ Ньютоны үед олон хүн ийм асуудлыг судалж байсан бөгөөд Олберсийн өгүүлэл ч ноцтой эсэргүүцлийг илэрхийлсэн өгүүллүүдийн дотор анхных нь бас биш юм. Тэрээр хамгийн түрүүнд өргөн эшлэгдэх болжээ. Төгсгөлгүй, тогтвортой орчлон ертөнцөд хаашаа ч харсан, харц ямар нэг одон дээр саатна гэдэгт асуудлын гол нь оршдог. Тэгэхээр шөнө байсан ч тэнгэр огторгуй бүхэлдээ нар шиг гэрэлтэнэ гэж төсөөлж болно. Олберсын эсрэг-үндэслэгээ нь холын оддын гэрэл замдаа байгаа биед шингэсэний улмаас бүдгэрэх ёстой гэдэгт тулгуурладаг. Гэхдээ тухайн тохиолдолд энэ бие өөрөө од шиг хурц гэрэлтэх хүртлээ хална. Нар шиг хурц гэрэлтэх шөнийн тэнгэрийн тухай дүгнэлтээс зайлсхийх цорын ганц боломж бол одод үргэлж гэрэлтэж байгаагүй, харин өнгөрсөн үеийн тодорхой нэг цагт гэрэлтэж эхэлсэн гэж таамаглах явдал юм. Энэ тохиолдолд шингээж байгаа бие нь гэрэлтэж амжаагүй байж болно эсвэл холын оддын гэрэл бидэнд хараахан ирээгүй байж болно. Гэвч одод яагаад гэрэлтэж эхэлсэн бэ? гэсэн асуулт үүслээ. Орчлон ертөнцийн үүслийн тухай үүнээс бүр өмнө хэлэлцэж байсан нь эргэлзээгүй. Сансар огторгуйн талаарх эртний сургаал, Жүүд-Христ-Лалын уламжлал ёсоор бол манай орчлон ертөнц цаг хугацааны тийм ч холын биш тодорхой нэг хугацааны өмнө үүссэн байна. Ийм үүсэлд тус болох нэг үндэслэгээ нь орчлон ертөнц оршин байгааг тайлбарлахад "Анхдагч Шалтгаан" зайлшгүй гэдгийг ухаарсан явдал байв, (Орчлон ертөнцийн аливаа үйл явдлыг өмнөх зарим үйл явдлаараа нөхцөлдцөг гэж тайлбарладаг, гэхдээ орчлон ертөнцийн өөрийнх нь оршин байхуйг түүнд эхлэл байсан , тохиолдолд л ийм маягаар тайлбарлаж болно.) Өөр нэг үндэслэгээг Ариун Августин "Бурханы хот" номондоо дэвшүүлсэн юм. Иргэншил дэвшин хөгждөг бөгөөд дэвшлийг хэн хийж, хэн сайжруулсаныг бид санаж байдаг : гэж тэрээр үзжээ. Иймд хүн, ингэхлээр орчлон ертөнц ч тийм удаан оршин байсан байж таарахгүй. "Үүсэл" хэмээх ном ёсоор орчлон ертөнц үүссэн тохиромжтой он цагийг барагцаалбал МЭӨ 5000 он гэж Ариун Августин тооцоолсон байна. (Энэ нь иргэншлийн эхлэл гэж археологичдын тооцдог сүүлийн мөсөн галавын төгсгөл МЭӨ 10000 орчим жилээс тийм ч зөрөөтэй биш байгаагаараа сонирхолтой.)

Харин орчлон ертөнцийн үүслийн тухай санаа бурханы оролцоотой холбоотой байдаг учраас Аристотель болон грекийн ихэнх философичдод энэ санаа таалагддаггүй байж. Тиймээс тэд хүн төрөлхтөн, түүнийг хүрээлэн буй ертөнц оршин байсан, цаашид мөнхөд оршин байх болно гэж үзсэн юм. Иргэншлийн дэвшлийн тухай үндэслэгээг эртний эрдэмтэд аль хэдийн авч үзээд хүн төрөлхтнийг иргэншлийн эхэнд нь удаа дараалан аваачсан усан болон өөр бусад галав үе үе тохиож байсан гэж хариулжээ.

Орчлон ертөнц цаг хугацаанд эхлэлтэй эсэх, орон зайд төгсгөлтэй юу, үгүй юу гэдэг асуудлыг бүр хожим философич Имманнуил Кант 1781 онд хэвлүүлсэн "Цэвэр оюун ухааны шүүмжлэл" гэдэг (маш бүрхэг) асар том бүтээлдээ гярхай авч үзсэн байдаг. Орчлон ертөнц эхлэлтэй гэсэн сэдэв ч, орчлон ертөнц мөнхөд оршин байсан гэсэн эсрэг сэдэв ч ижилхэн хүчтэй үндэслэлтэй байдаг хэмээн Кант үзсэн учраас эдгээр асуудлыг цэвэр оюун ухааны антиноми (өөрөөр хэлбэл зөрчлүүд) гэж нэрлэсэн юм. Хэрэв орчлон ертөнцөд эхлэл байгаагүй бол аливаа үйл явдлыг өмнө цаг хугацааны төгсгөлгүй үе байх байсан, гэхдээ энэ нь утгагүй гэснээрээ Кант сэдвийг үндэслэжээ. Орчлон ертөнцөд эхлэл байсан бол үүний өмнө цаг хугацааны төгсгөлгүй үе байх байсан, тэгэхлээр орчлон ертөнц яагаад тодорхой нэг цагт гэнэт үүсэх ёстой вэ? хэмээсэнээрээ эсрэг сэдвийг үндэслэж байлаа. Хэрэг дээрээ сэдвийн хувьд ч, эсрэг сэдвийн хувьд ч Кантын сонгосон үндэслэл ижил бөгөөд аль аль нь орчлон ертөнц өнө мөнхөд оршин байсан эсэхээс үл хамааран цаг хугацаа урьд мөнхөд байсан гэсэн түүний тайлбаргүй үндэслэл дээр тулгуурладаг. Хойно бидний үзэхчлэн цаг хугацааны тухай ойлголт орчлон ертөнцийн үүслээс өмнө ямарч утга холбогдолгүй билээ. Үүнийг Ариун Августин анхлан заажээ. Орчлон ертөнцийг бүтээхээсээ өмнө Бурхан юу хийж байсныг Августинаас асуухад иймэрхүү асуулт тавих хүмүүст зориулсан тамыг бэлдэж байсан гэдэг утгаар юу ч хариулаагүй байна. Оронд нь тэрээр цаг хугацаа бол Бурханы бүтээсэн орчлон ертөнцийн салшгүй шинж, орчлон ертөнц үүсэхээс өмнө цаг хугацаа байгаагүй гэж хэлжээ. Тогтвортой өөрчлөгддөггүй орчлон ертөнцөд ихэнх хүмүүс итгэж байх үед түүнд эхлэл байсан уу, үгүй юу гэдэг асуулт үнэндээ философи, шашин хоёрт хамаарч байлаа. Ажиглагдан харагдах бүхнийг орчлон ертөнц мөнхөд оршин байсан гэдэг онолоор ч, орчлон ертөнц тодорхой нэг цагт, мөнхөд оршин байсан мэт харагдахаар бүтээгдсэн гэсэн онолоор ч тайлбарлаж болно. Гэвч 1929 онд Эдвин Хаббл бид хаашаа ч харсан холын галактикууд биднээс улам л холдож байна гэсэн нэн чухал нээлт хийсэн юм. Өөрөөр хэлбэл орчлон ертөнц тэлж байна. Энэ нь эрт үед бүх бие өөр хоорондоо ойр байсан гэсэн үг. Арав эсвэл хорин мянган сая орчим жилийн өмнө тэд бүгдээрээ нэг цэгт байж орчлон ертөнцийн нягт төгсгөлгүй байсан бололтой. Хабблын нээлт орчлон ертөнцийн үүслийн асуудлыг шинжлэх ухааны талбарт оруулсан юм. Хабблын ажиглалтууд их тэсрэлт гэгдэх үе байсныг илтгэдэг. Энэ үед орчлон ертөнц төгсгөлгүй бага харин нягт нь хязгааргүй их байжээ. Тийм нөхцөлд шинжлэх ухааны бүх хууль утгаа алдах төдийгүй ирээдүйг угтан хэлэх бүх боломж алдагдана. Тэсрэлтийн үеэс өмнө ямар нэгэн үйл явдал болсон бол тэр нь одоо болж байгаа үйл явдалд яагаад ч нөлөөлж чадахгүй. Ажиглагдах үр дагавар байхгүй учир түүнийг огт тооцохгүй байж болно. Урьдах цаг хугацаа нь ерөөс тодорхойлогдохгүй гэдэг утгаар их тэсрэлтийг цаг хугацааны эхлэл гэж үзэж болох юм. Цаг хугацааг тоолох ийм эхлэл өмнө авч үзэж байснаас маш их ялгаатайг тэмдэглэе. Үл өөрчлөгдөх орчлон ертөнцөд цаг хугацааны эхлэл нь орчлон ертөнцийн гадна орших ямар нэг зүйлээр тодорхойлогдох ёстой байдаг бөгөөд ийм орчлон ертөнцийн эхлэлд физик шалтгаан хэрэггүй байв. Иймд Бурхан орчлон ертөнцийг цаг хугацааны дурын агшинд бүтээсэн гэж төсөөлж болно. Харин орчлон ертөнц тэлдэг юм бол түүнийг үүсгэсэн физик шалтгаан байж таарна. Урьдынх шигээ чухам Бурхан л орчлон ертөнцийг их тэсрэлтийн үед эсвэл их тэсрэлт болсон байлаа ч арай хожуу одоо харагдаж байгаатай нь адилаар бүтээсэн хэмээн төсөөлж болох ч түүнийг их тэсрэлтээс өмнө бүтээгдсэн гэж үзэх боломжгүй болох юм.

Тэлж байгаа орчлон ертөнцийн тухай төсөөлөл бүтээгчийг хөөддөггүй ч тэрээр ажлаа эхэлсэн байх ёстой он сард хязгаарлалт тавьдаг билээ!

Орчлон ертөнцийн мөн чанарын тухай, түүнд эхлэл байсан уу, төгсгөл байх уу гэдэг талаар ярихын тулд шинжлэх ухааны онол гэж юу вэ гэдгийг тодруулах хэрэгтэй. Онол бол орчлон ертөнцийн эсвэл түүний аль нэг хэсгийнх нь тухай загвар төдий бөгөөд уг загварын хэмжигдэхүүнүүдийг бидний хийсэн ажиглалттай холбох дүрмүүдийн цогц гэсэн маш энгийн үзлийг би баримтална. Энэ загвар бидний оюун санаанд л байдаг ба түүнд ямарч утга байлаа гэсэн өөр бодит шинж үгүй билээ. Онол: нэгд, дурын цөөн хэдхэн элементийг багтаасан загварын хүрээнд олон тооны ажиглалтыг нарийн тодорхойлох ёстой, хоёрд, ирээдүйн ажиглалтын үр дүнгийн тухай тодорхой таамаглалыг гаргах ёстой гэсэн хоёр шаардлагыг хангаж байвал сайн гэгдэнэ. Жишээ нь, бүх юм шороо, агаар, гал, ус гэсэн дөрвөн мах бодиос тогтоно гэсэн Аристотелийн онол нь онол гэж тооцогдохоор хангалттай энгийн байгаа ч ямарч тодорхой таамаглал өгдөггүй. Таталцлын тухай Ньютоны онол нь биес масс гэгдэх хэмжигдэхүүндээ шууд, тэдгээрийн хоорондын зайн квадратад урвуу пропорциональ хүчээр таталцдаг гэсэн бүр илүү энгийн загварыг үндэс болгодог. Гэхдээ Ньютоны онол нар, сар, гарагуудын хөдөлгөөнийг тун нарийн урьдчилан хэлдэг юм. Физикийн аливаа онол нотолж болохгүй таамаглал байдаг гэдэг утгаар ямагт түр зуурын шинжтэй. Онол туршилтын баримттай хичнээн олон удаа таарч байсан ч дараагийн удаад туршилттай зөрчилдөхгүй гэх баталгаа байдаггүй. Өөрөөр хэлбэл таамаглалтай нь таарахгүй байгаа цор ганц ажиглалтыг илрүүлсэнээр онолыг няцааж болно. Шинжлэх ухааны философич Карл Попперийн өгүүлсэнчлэн сайн онолын зайлшгүй шинж бол тэрээр зарчмын хувьд туршилтаар няцаагдахуйц таамаглалууд дэвшүүлдэг байх явдал юм. Шинэ туршилтууд онолын таамаглалыг батлах болгонд онол амьдрах чадвараа бэхжүүлж, түүнд итгэх бидний итгэл ч бэхждэг. Гэвч цоо шинэ нэг л ажиглалт онолтой зөрчилдвөл бид нэг бол тэр онолоос татгалзах, үгүй бол түүнийг засч янзлах хэрэгтэй болдог. Учир байдал наанадаж ийм байна, гэхдээ ажиглалтыг явуулсан хүний чадварт эргэлзэж байх нь хэзээд зөвднө. Амьдрал дээр шинэ онолыг өмнөх онолын өргөтгөл болгон хэрэглэх нь олонтоо. Жишээ нь, Буд гарагийн талаарх маш нарийн ажиглалтууд түүний хөдөлгөөн хийгээд таталцлын тухай Ньютоны онолын таамаглал хооронд бага зэрэг зөрүү байгааг илрүүлсэн юм. Буд гараг Ньютоны онолд байдгаас арай өөрөөр хөдлөх ёстойг Эйнштейний харьцангуйн ерөнхий онол таамагласан. Эйнштейний таамаглал ажиглалтын үр дүнтэй яг таарч байхад Ньютоных зөрсөн гэдэг баримт шинэ онол зөв болохын шийдвэрлэгч нэг нотолгоо болсон байдаг. Гэвч амьдрал дээр бид одоо болтол Ньютоны онолыг ашигладаг, учир нь бидний байнга шахуу тааралдцаг тохиолдлуудад Ньютоны онолын таамаглал харьцангуйн ерөнхий онолынхоос бараг ялгагдахгүй. (Ньютоны онолтой ажиллах нь Эйнштейний онолтой ажиллахаас илүү хялбар байдгаараа ч ихээхэн давуу талтай!) Орчлон ертөнцийг бүхэлд нь тайлбарлах нэгдмэл нэг онолыг бүтээх нь шинжлэх ухааны эцсийн зорилго юм. Гэхдээ ихэнх эрдэмтдийн баримтлаж буй хандлага асуудлыг хоёр хэсэгт хуваадаг. Эхний хэсэгт орчлон ертөнц цагийн аясаар хэрхэн хувирахийг бидэнд өгүүлэх хуулиуд багтана. (Тодорхой нэг цагт орчлон ертөнц ямар байгааг мэдвэл түүнтэй хожим юу тохиолдохыг физикийн эдгээр хууль бидэнд хэлж өгдөг.) Удаах хэсэгт орчлон ертөнцийн анхны төлөвийн асуудал багтана. Зарим нь шинжлэх ухаан зөвхөн эхний хэсгийг судлах ёстой, анхны төлөвийн асуудал бол философи хийгээд шашны асуудал байх ёстой гэж үздэг юм. Ийм үзлийн талынхан бүхнийг чадагч Бурхан орчлон ертөнцийг өөрийнхөө хүссэнээр л эхлүүлсэн гэж ярьцгаадаг. Хэрэв тэдний зөв бол тэрээр орчлон ертөнцийг дурын байдлаар хөгждөг байхаар бүтээж ч чадна. Орчлон ертөнцийг тодорхой хуулинд захирагдан зүй тогтолт байдлаар хөгжихийг нь Бурхан болгоож л дээ. Тэгэхээр орчлон ертөнцийн анхны төлөвийг залж жолоодсон хуулиуд байсан гэж бодох нь мөн л үндэслэлтэй билээ. Орчлон ертөнцийг бүхэлд нь тайлбарлах онолыг нэг

амьсгаагаар бүтээхэд бэрхшээл байгаа нь илэрхий байна. Ингээд бид зорилтыг хэсгүүдэд хувааж, тусгай онолууд байгуулдаг. Тусгай онол бүр ажилалтийн хязгаарлагдмал тодорхой хэсгийг тайлбарладаг бөгөөд тэр хэсгийн тухай таамаглалыг бусад хэмжигдэхүүний нөлөөг үл харгалзан эсвэл тэднийг хэдэн тоогоор орлуулаад хийдэг юм. Ийм хандлага тун буруу байж ч магад. Хэрэв орчлон ертөнцөд бүх зүйл бусдаасаа заавал хамаардаг бол асуудлыг саланги тусад нь шийдвэрлээд түүний бүрэн гүйцэт шийдэлд хүрэхгүй байх боломж бий. Гэхдээ өмнө нь бидний дэвшил ийм замаар л явж иржээ. Үүний сонгодог жишээ бол хоёр биеийн хоорондүйлчлэх таталцлын хүч нь бие тус бүрийн нэг л шинжээс, чухамдаа массаас хамаардаг ч юунаас бүрдсэнээс үл хамаардаг гэж өгүүлэх таталцлын тухай Ньютоны онол юм. Тэгэхээр нар, гаригуудын хөдлөх тойрог замыг тооцход тэдний бүтэц, бүрэлдэхүүний тухай онол хэрэггүй ажээ. Эдүгээ эрдэмтэд орчлон ертөнцийг харьцангуйн ерөнхий онол, квант механик гэсэн хоёр гол тусгай онолоор тайлбарлаж байна. Аль аль нь энэ зууны эхний хагасын оюуны их ололт билээ. Харьцангуйн ерөнхий онол таталцлын харилцан үйлчлэл, орчлон ертөнцийн том хэмжээний бүтцийг тодруулбал хэдэн милиэс саяын саяын саяын сая (нэгийн ард хорин дөрвөн тэг бүхий) миль хүртэлх буюу орчлон ертөнцийн ажиглагдах мужийн зааг хүртэлх хэмжээний бүтцийг тодорхойлдог. Харин квант механик нэг инчийг саяын саяд хуваасантай тэнцэх тийм бага хэмжээний үзэгдлийг судалдаг юм. Харамсалтай нь энэ хоёр онол таардаггүй агаад нэгэн зэрэг үнэн байж чаддаггүй. Энэ хоёрыг зөрчилгүйгээр багтаасан таталцлын квант онол гэсэн шинэ онолыг хайх нь орчин үеийн физикийн судалгааны гол чиглэлийн нэг, энэхүү номын гол судлагдахуун юм. Ийм онол одоогоор байхгүй бөгөөд түүнийг удаан хүлээх хэрэгтэй байж болох ч түүнд байх ёстой олон шинж тэмдгийг бид мэддэг болсон. Таталцлын квант онолын өгөх таамаглалуудын талаар бид нилээд зүйл мэдсэнийг дараагийн бүлгүүдээс та бүхэн олж үзнэ. Хэрэвзээ орчлон ертөнц дурын байдлаар биш, харин тодорхой хуульд захирагдан хөгждөг гэж үздэг бол эцсийн эцэст тусгай бүх онолыг орчлон ертөнцийн бүх зүйлийг тодорхойлдог бүрэн гүйцэт, нэгдмэл нэг онолд нэгтгэх хэрэгтэй болно Гэхдээ ийм бүрэн нэгдмэл онолын хайгуулд ноцтой нэг парадокс бий. Шинжлэх ухааны онолын талаар дээр дээр өгүүлсэн зүйлд бид орчлон ертөнцөд хүссэн ажаглалтаа хийж, ажаглалтынхаа үндсэн дээр логик дүгнэлт хийж чадах ухаант амьтан гэдгийг үзүүлдэг. Ийм байдлаар бид орчлон ертөнцийг захирдаг хуулиудыг ойлгоход улам бүр ойртох ёстой гэж бодох үндэстэй. Харин нэгдмэл онод үнэхээр байдаг бол тэр нь бидний ажиллагаанд ямар нэг байдлаар бас нөлөөлөх ёстой. Тэгэхээр уг онол түүнийг хайх бидний хайгуулын үр дүнг ч тодорхойлох ёстой. Харин ажиглалтаас бид зөв дүгнэлт хийнэ гэдгийг яагаад тэрээр тодорхойлох учиртай гэж? Бид буруу дүгнэлтэнд хүрэх эсвэл ямарч дүгнэлтэнд хүрэхгүй байхийг адилхан тодорхойлох учиргүй гэж үү? Эдгээр асуултанд миний өгч чадах цорын ганц хариулт маань байгалийн шалгаралын дарвинч зарчим дээр үндэслэсэн юм. Өөрийгөө нөхөн үйлдвэрлэж чадах организмын хувьд генетик өгөгдлийн хувьд төдийгүй тусдаа бодгалиудын төлөвшилд ялгаа зайлшгүй гарна гэдэгт санаа маань оршино. Энэ нь зарчим бодгаль хүрээлэн байгаа ертөнцийнхөө талаар бусдаасаа чадалтай гэдгийг илэрхийлнэ. Бодгаль амьдрах үр удмаа үлдээх илүү бололцоотой, тэгэхээр тэдний сэтгэлгээ, үйлдлийн хэлбэр нь ноёлох болно. Оюун сэтгэлгээ шинжлэх ухааны нээлт гэж бидний нэрлэдэг зүйл урьдын цагт амьдрах давуу байдлыг хангаж байсан. Өгүүлсэн бүхэн одоо хэвээр гэхэд учир дутагдалтай юм. Учир нь бидний хийсэн шинжлэх ухааны нээлт өөрсдийг маань үгүй хийж ч чадна, ийм юм тохиолдохгүй байлаа ч бүрэн нэгдмэл онол амьд үлдэх боломжуудад маань төдийлөн өөрчлөлт оруулахгүй байж магад.

Гэхдээ орчлон ертөнц зүй тогтлоороо хөгждөг бол байгалийн шалгаралын үр дүнд олж авсан эрэгцүүлэн бодох чадварууд маань бүрэн нэгдмэл онолын хайгуулд илэрч, буруу дүгнэлтүүдээс зайлсхийхэд тусална гэж бодож болно. Одоогоор бидэнд байгаа тусгай онолууд хамгийн

ээдрээтэйгээс бусад тохиолдолд нарийн тодорхой тамаглалыг гаргаж чаддаг учраас орчлон ертөнцийн талаарх төгс онолын хайгуулыг амьдралын бодит хэрэгцээний үүднээс зөвтгөхөд бэрхшээлтэй байна. Гэхдээ иймэрхүү эсэргүүцэл харьцангуйн онол, квант механик хоёрын эсрэг дэвшигдэж болох байсан ч чухам эдгээр онол цөмийн энерги, микроэлектроникийн хувьсгалд биднийг хүргэсэн билээ! Иймд бүрэн нэгдмэл онолын нээлт нь хүн төрөлхтөн тэсч үлдэхэд тус болохгүй, бидний амьдралын хэмнэлд ч нөлөөлөхгүй байж магад. Гэхдээ иргэншлийн эхнээс л хүн төрөлхтөн өөр хоорондоо холбоогүй, учир нь олдохгүй үйл явдлуудыг таалдаггүй байлаа. Тэд дэлхий ертөнцийн үндсэн зүй тогтлыг мэдэхийг машид ихээр хүсч байв. Өнөөдөр ч гэсэн бид энд байгаагаа болон хаанаас үүссэнээ мэдэхийг хүсж байна. Мэдлэгт тэмүүлэх хүн төрөлхтний агуу хүсэл бидний хувьд эрэлээ үргэлжлүүлэх хангалттай цагаатгал юм. Тэгээд ч зорилго маань оршин суугаа орчлон ертөнцөө бүрэн гүйцэт тайлбарлахаас огтхон ч дутахгүй.

Хоёрдугаар бүлэг

Орон зай, цаг хугацаа

Биесийн хөдөлгөөний талаарх орчин цагийн төсөөлөл маань Галилей, Ньютон хоёроос эхтэй. Тэднээс өмнө хүмүүс аливаа биеийн жам ёсны төлөв нь тайван төлөв бөгөөд хүч эсвэл импульсийн нөлөөгөөр л бие хөдөлж эхэлдэг гэж үзсэн Аристотелийн үзэлд итгэж байлаа. Хүнд биеийг дэлхий хүчтэй татдаг учраас тэр нь хөнгөнөөсөө хурдан унах ёстой гэдэг нь эндээс мөрдөн гардаг.

Аристотелийн уламжлалаар орчлон ертөнцийг жолооддог бүх хуулийг дан ганц оюун ухаанаар эрэгцүүлэн олж болох бөгөөд тэднийг туршлагаар шалгах нь тийм ч зайлшгүй биш байдаг. Иймээс Галилейгээс өмнө янз бүрийн бие үнэхээр янз бүрийн хурдтай унадаг уу гэдгийг хэн ч бодож байсангүй. Галилей янз бүрийн жинтэй биеийг Пизагын цамхагаас унаган Аристотелийн сургаал худал болохыг үзүүлсэн гэж ярьцдгаадаг. Үүнийг санаанаасаа зохиосон байхаа, гэхдээ Галилей үүнтэй төстэй зүйлийг үнэхээр хийжээ. Тэрээр янз бүрийн жинтэй бөмбөлөгийг гөлгөр, налуу хавтгайгаар өнхөрүүлсэн байна. Энэ нь хүнд биеийг доош чигээр нь унагахтай адил ч хурд багатай учраас ажиглахад амар юм. Галилейн хэмжилт уг биесийн хурд тэдний жингээс үл хамааран ижил хурдтай өсч байгааг үзүүлэв. Жишээлбэл, бөмбөлөг авч, арван метр тутамд нэг метр доош хазайсан налуу хавтгайгаар өнхөрүүлбэл бөмбөлөг хичнээн хүнд байсан ч нэг секундын дараа секундэд нэг метр, хоёр секундын дараа секундэд хоёр метр гэх мэт хурдтайгаар унана. Тугалган туухай өднөөс хурдан унах нь мэдээж боловч энэ нь агаарын эсэргүүцэх хүчнээс болж өд арай удаан унадагтай холбоотой. Агаарын эсэргүүцлээрээ төдий л ялгаагүй хоёр биеийг, жишээ нь хоёр өөр тугалган туухайг унагавал тэд ижил хурдтайгаар унана. Галилейн хийсэн хэмжилтийг хөдөлгөөний тухай хуулиндаа Ньютон гол зарчим болгон хэрэглэсэн юм. Галилейн сорил туршилтуудад налуу хавтгайгаар өнхөрөх биед нэг л хүч (биеийн жин) ямагт үйлчилж, үр дүнд нь биеийн хурд тогтмол өсч байв. Энэ нь хүчний бодит нөлөө өмнө бодож байсанчлан биеийг хөдөлгөөнд оруулдаг төдийхөн биш, харин биеийн хурд өөрчлөгдөхөд хүргэдэгийг үзүүлсэн юм. Хэрэв биед хүч үйлчлээгүй бол тухайн бие тогтмол хурдтайгаар шулуун хөдлөнө гэдгийг ч бас заажээ. Энэхүү санаа 1687онд Ньютоны хэвлүүлсэн "Математик зарчмууд" номонд анх тодорхой илэрхийлэгдсэн бөгөөд Ньютоны нэгдүгээр хууль гэдгээрээ алдаршсан юм. Биед хүч үйлчлэвэл түүнд юу тохиолдохыг Ньютоны хоёрдугаар хууль заадаг. Тухайн бие хүчний хэмжээтэй пропорциональ хурдатгалтай болох буюу хурдаа өөрчлөнө гэж тэр хууль өгүүлдэг. (Жишээ нь, хүч хоёр дахин нэмэгдвэл хурдатгал ч хоёр дахин өснө.) Түүнээс гадна биеийн масс (өөрөөр хэлбэл бодисын тоо) их байх тусам хурдатгал нь бага болдог. (Масс нь хоёр дахин нэмэгдсэн биед тухайн хүч үйлчилбэл хоёр дахин бага хурдатгал үүснэ.) Ойлгоход дөхөм нэгэн жишээг машинаар үзүүлж бодно. Хөдөлгүүр хэдий хүчтэй байна хурдатгал ч төдий их байна, гэвч машин маань их жинтэй бол тухайн хөдөлгүүрийн хувьд хурдатгал нь бага болдог.

Хөдөлгөөний энэхүү хуулиас гадна Ньютон бүх бие бусад аливаа биетэй тус бүрийнхээ масстай пропорциональ хүчээр таталцдаг гэсэн, таталцлын хүчийг тодорхойлдог хуулийг нээсэн билээ. Иймээс нэг биеийнх нь (А бие гэе) масс хоёр дахин ихэсвэл тэдний хооронд үйлчлэх хүч бас хоёр дахин ихсэнэ. Ижил масстай хоёр биеэс бүтсэн шинэ А биеийг төсөөлж болох учраас та дараах байдлаар бодох. учиртай. Эдгээр бие тус бүр В биеийг ижил хүчээр татна. Иймд А ба В хооронд үйлчлэх нийт хүч тэрхүү ижил хүчнээс хоёр дахин их болдог. Харин тэдний нэг нь тэрхүү массаас хоёр дахин, нөгөө нь гурав дахин их масстай байсш бол харилцан үйлчлэлийн хүч зургаа дахин өсөх байлаа. Одоо бидэнд бүх бие ижил хурдтай унадаг нь ойлгомжтой боллоо.

Жин нь хоёр дахин нэмэгдсэн бие өөрийг нь доош татах таталцлын хүчийг хоёр дахин их болгохын хамт хоёр дахин их масстай болох юм. Ньютоны хоёрдугаар хуулиар энэ хоёр нөлөөлөл бие биенээ бүрэн хүчингүй болгох тул хурдатгал нь аль ч тохиолдолд ижил байна. Таталцлын тухай Ньютоны хууль биес хоорондоо хэдий зайтай байна тэдний харилцан үйлчлэлийн хүч төдий бага байна гэж өгүүлдэг. Энэ хуулиар бол ижил хоёр одны хоорондын зай хоёр дахин нэмэгдэхэд таталцлын хүч нь дөрөв дахин багасна. Дэлхий, сар, гарагуудын тойрог замыг Ньютоны хууль өндөр нарийвчлалтай урьдчилан хэлж чаддаг юм. Хэрвээ оддын татах хүч зайнаас хамаарч арай хурдан багасдаг байсан бол гарагийн тойрог замууд зууван биш, харин нар руу мушгирсан байдалтай байх байлаа. Харин арай удаан багасдаг байсан бол холын оддын татах хүч дэлхийн татах хүчнээс давах байв.

Галилей, Ньютон нарынхаас Аристотелийн үзлийн ялгагдах гол ялгаа нь тэрээр тайван төлөвийг биед хүч эсвэл импульс үйлчлээгүй үед тухайн биеийн оршиж болох хамгийн тохиромжтой төлөв гэж үзсэн юм. Тухайлбал дэлхий тайван төлөвт байдаг гэж Аристотель үзжээ. Гэвч Ньютоны хуулиудаас тайван байдлын хосгүй эх хэмжүүр байхгүй гэдэг яг урган гардаг юм. А бие тайван, харин В бие А биетэй харьдуулахад тогтмол хурдтай хөдөлж байна гэж, эсвэл В бие тайван байж, А бие хөдөлж байна гэж хэлэхэд онцын ялгаа байхгүй. Жишээ нь, манай дэлхий тэнхлэгээ тойрон эргэдгийг, бас нарыг тойрсон түүний хөдөлгөөнийг түр мартаад дэлхий тайван байж, харин галт тэрэг умар зүгт цагт ерэн милийн хурдтай явж байна гэж эсвэл галт тэрэг байрандаа байж, харин түүний доорх дэлхий цагт ерэн милийн хурдтай өмнө зүг рүү хөдөлж байна гэж хэлж болно. Энэ галт тэргэн дотор хөдөлж байгаа биеийг туршин үзсэн ч Ньютоны бүх хууль биелэх л болно. Жишээ нь, галт тэргэн дотор ширээний теннис тоглонгоо та одон бөмбөг төмөр замын далангийн дэргэдэх ширээн дээрх бөмбөг шиг Ньютоны хуульд захирагдаж байгааг ойлгох болно. Тэгэхээр галт тэрэг хөдөлж байна уу, дэлхий хөдөлж байна уу гэдгийг хэлэх ямарч арга байхгүй.Тайван байдлын үнэмлэхүй (абсолют) эх хэмжүүр байхгүй гэсэн үндэслэл нь цаг хугацааны өөр өөр агшинд болсон хоёр үйл явдал орон зайн нэг цэгт болсон эсэхийг тодорхойлох боломжгүйг илэрхийлдэг юм. Жишээ нь, хөдөлж байгаа галт тэргэн доторх одон бөмбөг ширээнээс эгц дээш ойгоод буцаж унахдаа ширээний нэг цэг дээр нэг секундын зайтайгаар хоёр удаа ойсон гэж үзье. Одон бөмбөг хоёронтоо ойх хооронд галт тэрэг дөч орчим метр зайг туулах учраас төмөр замын далан дээрх хүнд одон бөмбөгийн хоёр удаагийн ойлт дөч орчим метр зайтай болсон мэт харагдах ажээ. Иймд үнэмлэхүй тайван төлөв байхгүй нь аливаа үйл явдалд Аристотелийн бодож байсанчлан орон зайн үнэмлэхүй байрлал оноож болохгүйг үзүүлж байна. Үйл явдлын байрлал, тэдний хоорондын зай галт тэргэнд яваа ажиглагч, далан дээрх ажиглагч хоёрын хувьд ялгаатай байх ёстой бөгөөд эдгээр ажиглагчийн нэгнийх нь тэмдэглэсэн байрлалыг нөгөөгийнхөөс нь илүүд үзэх ямарч үндэслэл байхгүй билээ.Үнэмлэхүй байрлал буюу бидний нэрлэж заншсанаар үнэмлэхүй орон зай байхгүй нь үнэмлэхүй Бурханы тухай санаатай нь авцалдахгүй байсан учраас Ньютон үүнд сэтгэл их зовжээ. Өөрийнх нь нээсэн хуулиудаас үнэмлэхүй орон зай байхгүй гэж урган гарч байсан ч үүнийг хүлээн авахаас Ньютон үнэндээ татгалзсан юм. Ньютоны ухаалаг биш энэ итгэл үнэмшлийнх нь төлөө олон хүн тухайлбал бодит бүх биет мөн орон зай, цаг хугацаа ч хоосон хуурмаг гэж үздэг байсан философич, хамба Беркли нилээд шүүмжилсэн байдаг. Берклийн үзлийн талаар сонсоод доктор Жонсон "Би үүнийг ингэж л няцааж байна!" хэмээн чанга дуугаар хэлээд, том чулууг өшиглөн хөлөө гэмтээжээ.

Аристотель ч, Ньютон ч үнэмлэхүй цаг хугацаанд итгэж байлаа. Өөрөөр хэлбэл хоёр үйл явдал хоорондын хугацааг нэгэн утгатайгаар хэмжиж болох ба хэмжигчид зөв явдаг цагтай л бол хэмжилтийг хэн хийснээс үл хамааран үр дүн нь нэг байх болно гэж тэд үзсэн юм. Цаг хугацааг

орон зайгаас бүрэн тусдаа,түүнээс үл хамаардаг гэж тооцжээ. Ердийн ухааны төсөөлөл ч ийм байв. Гэвч орон зай, цаг хугацааны тухай төсөөллөө бид өөрчлөхөд хүрсэн юм. Ердийн ухаан дээр үндэслэсэн төсөөллүүд маань алим эсвэл харьцангуй удаан хөдөлдөг гараг мэтийн хувьд тохирч байдаг ч гэрлийн хурдтайгаар болон түүнд ойролцоо хурдтай хөдөлж байгаа зүйлийн хувьд илт тохиромжгүй болдог ажээ.

Гэрэл төгсгөлөг боловч маш их хурдтайгаар тархдагийг 1676 онд Данийн эрдэмтэн, одон орон судлаач Оле Христенсен Рёмер тогтоосон юм. Бархасбадийн сарнууд Бархасбадийг тогтмол хурдтай тойрдог гэвэл тэрхүү сарнууд Бархасбадийн цаагуур далд ороод гарч ирэх хугацаа нь зөрөөд байгааг Рёмер ажиглажээ. Дэлхий, Бархасбадь хоёр нарыг тойрон эргэдэг болохоор тэдний хоорондын зай өөрчлөгддөг. Бархасбадиас бид хэдий хол байна Бархасбадийн сарнуудын хиртэлт төдий их оройтдогийг Рёмер тэмдэглэж авчээ. Үүнийгээ тэрээр биднийг хол байх үед сарнуудын гэрэл бидэнд иртлээ илүү хол зам туулдагаар тайлбарлав. Дэлхийгээс Бархасбадь хүртэлх зайг Рёмер тийм ч нарийн хэмжиж чадаагүй учраас гэрлийн хурдыг 140000 миль/с гэж тогтоосон байдаг. Гэтэл орчин цагийн утга нь 186000миль/с байдаг юм. Гэлээ ч гэрэл төгсгөлөг хурдтай тархдаг гэдгийг нотолсон төдийгүй, түүнийг хэмжсэн Рёмерын ололт нь Ньютоны "Математик зарчмууд" ном хэвлэгдэн гарахаас арван нэгэн жилийн өмнө тохиосноороо онцгой байлаа. Английн физикч Жеймс Кларк Максвелл цахилгаан болон соронзон хүчийг тодорхойлоход хэрэглэдэг байсан тусгай хоёр онолыг 1865 онд нэгтгэх хүртэл гэрлийн тархалтын тухай зөв онол байсангүй. Хоёр орон хосолсон цахилгаан-соронзон оронд долгион маягийн үелзэл байж болох ба тэд цөөрмийн усан дээрх долгио шиг тогтмол хурдтай тархдаг гэдгийг Максвеллийн тэгшитгэл урьдчилан хэлсэн юм. Эдгээр долгионы урт (өөрөөр хэлбэл долгионы зэргэлдээ нуруу хоорондын зай) метр эсвэл метр гаран байвал энэ нь радио долгион гэж бидний нэрлэдэг долгион байна. Илүү богино долгионуудыг сантиметрийн эрэмбийнх бол) бичил-долгион эсвэл(нэг сантиметрийг арван мянгад хуваасnаас бага бол) хэт улаан долгион гэж нэрлэдэг. Үзэгдэх гэрлиин долгион нэг сантеметрийг дөчөөс наян сая дахин хуваасантай тэнцэх урттай байна. Хэт ягаан, рентген, гамма цацрагийн долгионууд бүр богино байдаг. Радио хийгээд гэрлийн долгион нь тогтмол тодорхой хурдтай тархах ёстой гэдгийг Максвеллийн онол урьдчилан хэлсэн юм. Гэхдээ Ньютоны онол үнэмлэхүй тайван байдлын тухай төсөөллийг үгүй хийсэн учраас одоо гэрлийн тогтмол хурдны тухай ярихдаа түүнийг юутай харьцуулж тодорхойлохыг зааж өгөх хэрэгтэй байлаа. Үүнтэй холбоотойгоор хаа сайгүй, тэр бүү хэл "хоосон" орон зайд ч байх "эфир" гэгдэх ямар нэг орчин байна гэж үзжээ. Дууны долгион агаарт яаж тархдагийн нэгэн адил гэрлийн долгион эфирт тэгж тархдаг байж болох тул гэрлийн хурдыг эфиртэй харьцуулах хэрэгтэй. Эфир дотор харилцан адилгүй хурдтай хөдөлж буй алжиглагчдад гэрэл янз бүрийн хурдтай ирж байгаа мэт үзэгдэхээр боловч эфирт харьцуулсан гэрлийн хурд тогтмол байх юм. Тухайлбал дэлхий нарыг тойрон эфирийн дотор хөдөлж байгаа болохоор дэлхийн хөдөлгөөний дагуу (гэрлийн үүсгүүрийн зүг хөдлөх үед) хэмжсэн гэрлийн хурд нь хөдөлгөөний чигт тэгш өнцөгөөр (өөрөөр хэлбэл бид үүсгүүр рүү хөдлөөгүй үед) хэмжсэн гэрлийн хурдыг давж байх ёстои. 1887 онд (хожим физикийн салбарт Нобелийн шагнал хүртсэн анхны Америк хүн болсон) Альберт Майкельсон болон Эдвард Морли нар Кливлендийн Хавсрага Ухааны Сургуульд маш нарийн туршилт хийжээ. Тэд дэлхиин хөдөлгөөний дагуу хэмжсэн гэрлийн хурдны утгыг тэгш өнцөгөөр хэмжсэн утгатай нь харьцуулсан байна. Гайхалтай нь хоёр утга яг тэнцүү болохыг тэд илрүүлсэн юм!

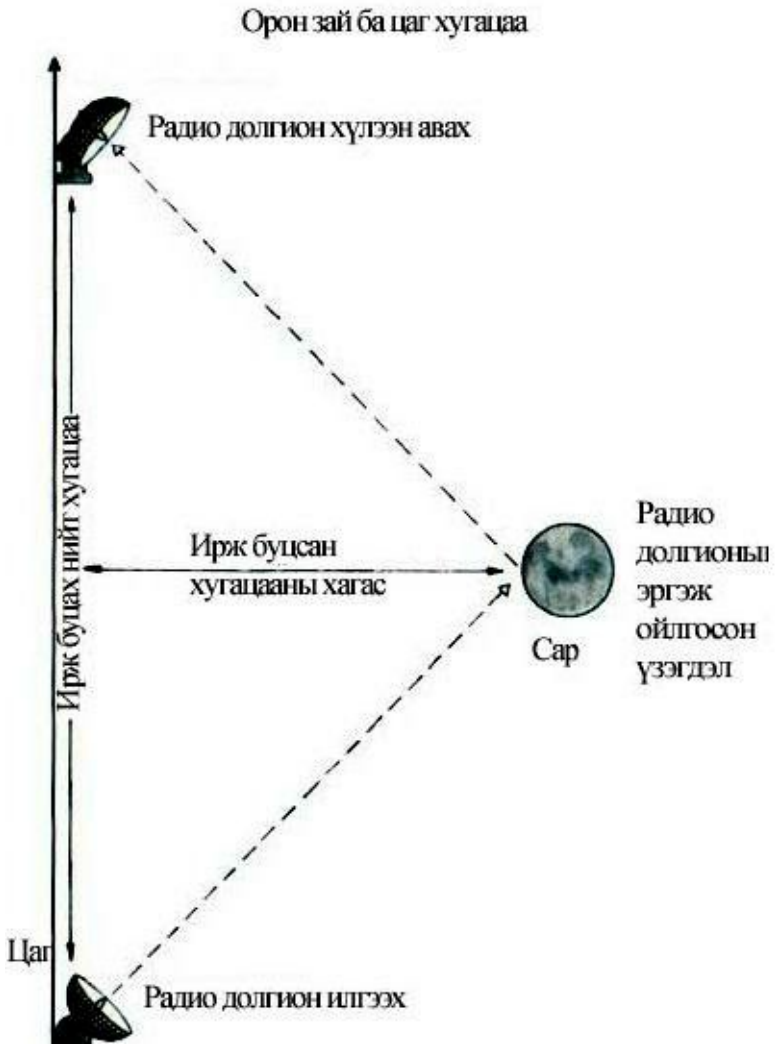
Майкельсон, Морли нарын туршилтын үр дүнг бүх (бие эфирийн дотор хөдөлж байхдаа хэмжээгээрээ багасч цагийн явалт удааширдаг гэдгээр тайлбарласан хэд хэдэн оролдлого (хамгийн алдартай нь Данийн физикч Хендрик Лоренцийнх) 1887-оос 1905 онд гарчээ. Гэхдээ

тэр үеийг хүртэл хэнд ч танил байгаагүй, Швейцарын патентийн товчооны ажилтан Альберт Эйнштейн 1905 онд хэвлүүлсэн алдарт бүтээлдээ үнэмлэхүй цаг хугацааны ойлголтоос татгалзвал ямарч эфир хэрэггүй гэдгийг үзүүлсэн юм. Хэдхэн долоо хоногийн дараа яг ийм үзлийг Францын тэргүүний математикчдын нэг Анри Паункаре илэрхийллээ. Асуудлыг математикийн үүднээс шийдсэн Паункарегийн үндэслэгээнээс Эйнштейний үндэслэгээнүүд физикт илүү ойр байв. Эйнштейнийг шинэ онол бүтээгч гэж ярьдаг ч Паункарегийн нэрийг түүний чухал хэсгүүдийг боловсруулахтай холбон дурддаг билээ. Шинжлэх ухааны хуулиуд хөдөлж байгаа бүх ажиглагчийн хувьд тэдний хөдөлгөөний хурднаас үл хамааран адилхан байх ёстой гэдэгт харьцангуйн гэгдэх энэ онолын суурь үүсгэл үнэн оршино. Энэ үүсгэл үнэн нь хөдөлгөөний тухай Ньютоны хуулиудын хувьд үнэн байсан бол одоо тэр нь Максвеллийн онолд, гэрлийн хурданд ч хамаатай боллоо. Иймд дурын ажиглагчийн хэмжсэн гэрлийн хурд ажиглагчид ямар хурдаар хөдөлж байгаагаас үл хамааран адил байх ёстой. Энэ энгийн зарчмаас хэд хэдэн, алдартай мөрдөлгөө урган гарсан билээ. Тэднээс хамгийн алдартай нь Эйнштейний E=mc^2 (энд E-энерги, m -масс, c -гэрлийн хурд) гэсэн алдарт томъёонд илрэлээ олсон масс, энерги хоёр тэнцүү хийгээд юу ч гэрлээс хурдан хөдөлж чадахгүй гэдэг хууль биз ээ. Масс, энерги хоёр тэнцүү болохоор хөдөлж байгаа биеийн энерги нь массаа нэмэгдүүлнэ. Тодруулбал энерги их байх тусам хурдыг нэмэгдүүлэхэд бэрхшээл учрах болно. Энэ нөлөө үнэндээ гэрлийн хурданд ойролцоо хурдтай хөдөлж байгаа биетийн хувьд л чухал байдаг. Хэрэв ямар нэг биетийн хурд гэрлийн хурдны 10 хувьд хүрвэл түүний масс хэвийнхээсээ 0,5 хувиар их болно, харин гэрлийн хурдны 90 хувьд хүрвэл масс нь хэвийнхээсээ хоёр дахин их болох юм. Гэрлийн хурданд дөхөхийн хэрээр биетийн масс улам нэмэгдэж, ийн цааш хурдсахад улам их энерги шаардагдана. Үнэндээ тэрээр гэрлийн хурданд хэзээ ч хүрч чадахгүй, учир нь тэр үед түүний масс төгсгөлгүй их болох бөгөөд масс энергитэй тэнцүү тул тийм хурданд хүрэхэд төгсгөлгүй их энерги шаардагдахад хүрнэ. Иймд жирийн аливаа биет харьцангуйн зарчмаар ямагт гэрлийн хурднаас хэтрэхгүй хурдтай хөдлөнө. Зөвхөн гэрэл болон хувийн массгүй бусад долгион л гэрлийн хурдтай хөдөлж чадна. Харьцангуйн онолын өөр нэг алдарт мөрдөлгөө ч орон зай цаг хугацааны талаарх бидний төсөөллийг өөрчилсөн юм. Ньютоны онолын хувьд гэрлийн импульс нэг цэгээс нөгөөд хүрсэн бол янз бүрийн ажиглагч түүний туулсан хугацаан дээр (цаг хугацаа үнэмлэхүй учраас) санал нийлдэг ч гэрэл хэр хол зам туулсан тухайд (орон зай үнэмлэхүй биш учраас) ямагт санал зөрдөг. Гэрлийн хурд нь түүний туулсан зайг хугацаанд нь хуваасантай тэнцүү болохоор янз бүрийн ажиглагч гэрэлд өөр өөр хурд онооно. Харьцангуйн онолын хүрээнд харин эсрэгээр бүх ажиглагч гэрэл ямар хурдтай тархдаг дээр санал нийлэх ёстой байдаг. Гэхдээ гэрлийн туулсан зайны тухайд санал чөрсөн хэвээр байдаг тул гэрэл хэдэн цаг явсан дээр ч санал зөрөх болно. (Явалтын хугацаа бол ажиглагчдын санал нийлдэггүй гэрлийн туулсан зайг тэдний санал нийлдэг гэрлийн хурданд хуваасантай тэнцүү.) Өөрөөр хэлбэл харьцангуйн онол үнэмлэхүй цаг хугацааны ойлголтонд цэг тавьсан юм! Ажиглагч бүр өөрт байгаа цагаар хэмжих цаг хугацааны өөрийн гэх хэмжүүртэй байх ёстой бөгөөд ажиглагч бүрт байгаа нэг загварын цагууд нь таарахгүй байж болох ажээ.

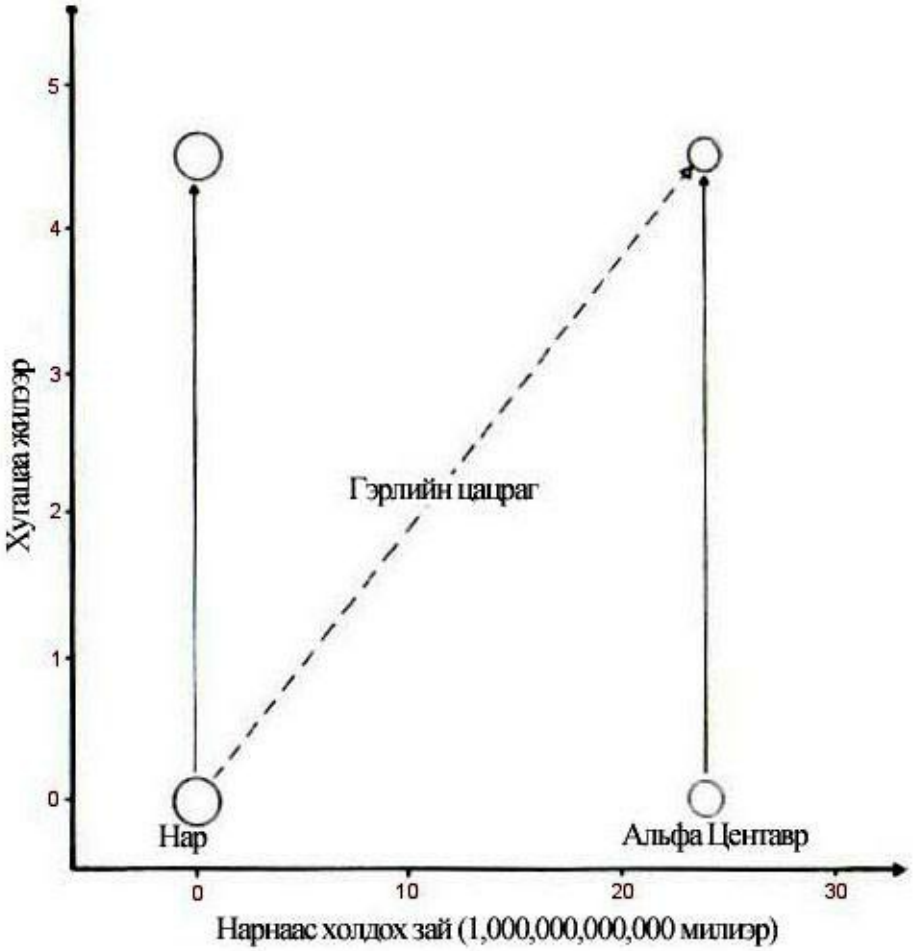
Гэрлийн импульс эсвэл радио долгион илгээж үйл явдал хэзээ, хаана болсоныг тодорхойлохдоо радио долгионоор бүртгэгч ашиглаж болно. Илгээсэн дохионы зарим хэсэг үйл явдал дээр эргэн ойх бөгөөд ажиглагч энэхүү цуурай-дохиог хүлээн авсан хугацаагаа тэмдэглэдэг. Дохиог илгээгээд эргэн хүлээн авсан хугацааны дундажаар тухайн үйл явдал хэзээ болсоныг тогтоох бөгөөд үйл явдал хүртэлх зай нь явж ирэхэд зарцуулсан хугацааны энэ дунджийг гэрлийн хурдаар үржүүлсэнтэй тэнцүү. (Үйл явдлыг орон зайн тодорхой нэг цэгт, цаг хугацааны тодорхой нэг агшинд болсон ямар нэг зүйл гэдэг утгаар ойлгоно.) Өгүүлсэн бүхнийг орон-цагийн диаграммын жишээ болох 2.1 зурагт үзүүллээ. Бие биетэйгээ харилцан адилгүй хөдөлж

байгаа ажиглагчид энэ аргыг ашиглан нэг үйл явдалд ялгаатай цаг, байрлал онооно. Янз бүрийн ажиглагчийн хийсэн хэмжилтийн нэг нь ч бусдаасаа илүү-зөв байхгүй ч бүгд өөр хоорондоо холбоотой. Бусад ажиглагчийн харьцангуй хурдыг мэдэж байвал тэд үйл явдалд ямар цаг, байрлал оноохыг ажиглагч бүр нарийн тооцож чадна. Бид цаг хугацааг уртаас нарийн тодорхой хэмжиж чаддаг болсон болохоор зайг нарийн тодорхойлохын тулд өнөө чухам ийм аргыг хэрэглэж байна. Үнэндээ метрийг ч гэсэн цезийн цагаар хэмжсэн 0.000000003335640952 секундын хугацаанд гэрлийн туулж өнгөрдөг зай гэж тодорхойлдог. (Энэ тоо нь Парист хадгалагддаг тусгай цагаан алтан туйван дээрх хоёр тэмдэглэл хоорондын зайгаар метрийг тодорхойлдог уламжлалт тодорхойлолттой таардаг.) Үүнчлэн гэрлийн секунд гэгдэх бүр ч тохиромжтой, уртын шинэ нэгжийг ашиглаж болно. Үүнийг нэг секундэд гэрлийн туулах зай гэж нийтээр тодорхойлдог. Харьцангуйн ерөнхий онолд зайг цаг хугацаа болон гэрлийн хурдаар тодорхойлдог болохоор ажиглагч бүр гэрлийн хурдыг нэгэн утгатайгаар (тодорхойлолт ёсоор 0.000000003335640952 секундэд 1 метр гэж) хэмжих нь аяндаа мөрдөн гардаг, Эфир оршин байгааг яагаад ч илрүүлж чадахгүйг Майкельсон-Морлигийн туршилт үзүүлсэн болохоор түүний тухай ойлголтыг оруулж тооцох шаардлага байхгүй. Гэхдээ харьцангуйн онол биднээс орон зай, цаг хугацааны тухай төсөөллөө үндсээр нь өөрчлөхийг шаардсан юм. Цаг хугцаа орон зайгаас бүрэн тусдаа, салангид бус, харин түүнтэй хосолж орон-цаг гэгдэх нэгдмэл зүйлийг үүсгэдэгийг бид хүлээн зөвшөөрөх хэрэгтэй боллоо. Орон зай дахь цэгийн байрлалыг гурван тоо буюу координатаар тодорхойлдог нь өдөр тутмын амьдралд байдаг л зүйл. Жишээ нь, тасалгаан дахь ямар нэг цэгийг нэг хананаас долоон алхамд, нөгөөгөөс гурван алхамд, шалнаас хоёр алдын өндөрт байна гэж тодорхойлж болох юм. Эсвэл тухайн нэг цэг тийм уртраг, тийм өргөрөгт, далайн түвшнээс дээш тийм өндөрт байна гэж тодорхойлж болдог. Тохиромжтой гурван координатыг ашиглаж болох ч тэд хязгаарлагдмал хүрээнд л хэрэглэгдэнэ. Хэн ч сарны байрлалыг Пикадиллийн Тойргийн хойноос, баруунаас милиэр тооцон, далайн түвшинээс дээш футаар [Пикадиллийн Тойрог-Лондонгийн хөл хөдөлгөөнтэй таван гудамжны уулзварт байрладаг тойрог. 1 фут=30.48 см] тодорхойлж чадахгүй. Үүний оронд нар хүртэлх зайг гарагуудын тойрог замын хавтгай хүртэлх зай, сарыг нартай холбосон шулуун болон Альфа Центавр гэх мэт ойрын одтой нарыг холбосон шулуун хоорондын өнцгийг зааж түүнийг тодорхойлох хэрэгтэй. Тэглээ ч эдгээр координат манай галактик дахь нарны байрлалыг эсвэл бусад галактикийн дундах манай галактикийн байрлалыг тогтооход төдийлөн хэрэглэгдэхгүй. Үнэндээ нийт орчлон ертөнцийг өөр хоорондоо холбоо бүхий тусгаар хэсгүүдийн цогцолбор гэж үзэж болох юм. Хэсэг тус бүрт цэгийнх нь байрлалыг тогтоож болох гурван координат бүхий өөр өөр тогтолцоог хэрэглэж болно. Үйл явдал бол орон зайн тодорхой цэгт, тодорхой нэг цаг хугацаанд болдог зүйл. Тэгэхээр үйл явдлыг дөрвөн тоо буюу дөрвөн координатаар тогтоож болно. Координатын сонголт бас л дурын байх агаад орон зайн нарийн тодорхой гурван координат, цаг хугацааны дурын нэг хэмжээсийг авч болно. Орон зайн дурын хоёр координат хооронд ялгаа байдаггүйн нэгэн адил харьцангуйн онолд орон зайн болон цаг хугацааны координат хооронд бодит ялгаа байхгүй. Орон зайн нэг координат нь орон зайн хуучин координатын хоёрых нь хослол байх координатын шинэ тогтолцоог сонгож болох юм. Жишээ нь, дэлхийн гадаргуу дээрх цэгийн байрлалыг Пикадиллийн Тойргийн хойноос, баруунаас милиэр хэмжин тогтоохын оронд Пикадиллийн Тойргоос зүүн хойш эсвэл баруун хойш хэдэн мильд байгаагаар тогтоож болно. Энэчлэн харьцангуйн онолд (секундаар хэмждэг) хуучин цаг хугацаа дээр Пикадиллийн Тойргийн хойд талаас (хэмжсэн гэрлийн секундийн) зайг нэмсэн цаг хугацааны шинэ координатыг хэрэглэж болдог. Аливаа үйл явдлын дөрвөн координатыг орон-цаг гэгдэх дөрвөн хэмжээст орон зай дахь түүний байрлалыг тодорхойлогч гэж үзэх нь тустай юм. Дөрвөн хэмжээст орон зайг төсөөлөхөд амаргүй. Би өөрөө гурван хэмжээст орон зайг ч чадан ядан төсөөлдөг юм! Харин дэлхийн гадаргуу шиг Хоёр хэмжээст орон зайг диаграммаар

илэрхийлэхэд хэцүү биш. (Аливаа цэгийн байрлалыг нь уртраг, өргөрөг гэсэн хоёр координатаар илэрхийлж болдог учраас дэлхийн гадаргуу хоёр хэмжээстэй.) Цаг хугацааны тэнхлэг нь дээш чиглэсэн, харин орон зайг илэрхийлсэн нэг тэнхлэгийг нь хөндлөн байрлуулсан диаграммуудыг би ерөнхийдөө хэрэглэнэ. Орон зайн нөгөө хоёр тэнхлэгийг орхисон эсвэл зарим тохиолдолд нэгийг нь алслалтанд дүрсэлсэн байгаа. (2.1 зургийнх шиг диаграммыг орон-цагийн диаграмм гэж нэрлэнэ.) Жишээ нь, 2.2 зурагт цаг хугацааг жилээр хэмжин, дээш чигэлсэн тэнхлэгээр илэрхийлсэн бол нарнаас Альфа Центавр хуртэлх зайг Милиэр хэмжин, хөндлөн тэнхлэг дагуу уулсан байна. Нар, Альфа Центавр хоёрын орон-цагт туулсан замыг диаграммын зүүн, баруун талд босоогоор үзүүлсэн. Нарнаас цацарсан гэрлийн цацраг - тархаж, Альфа Центаврт дөрвөн жилийн дараа очно.

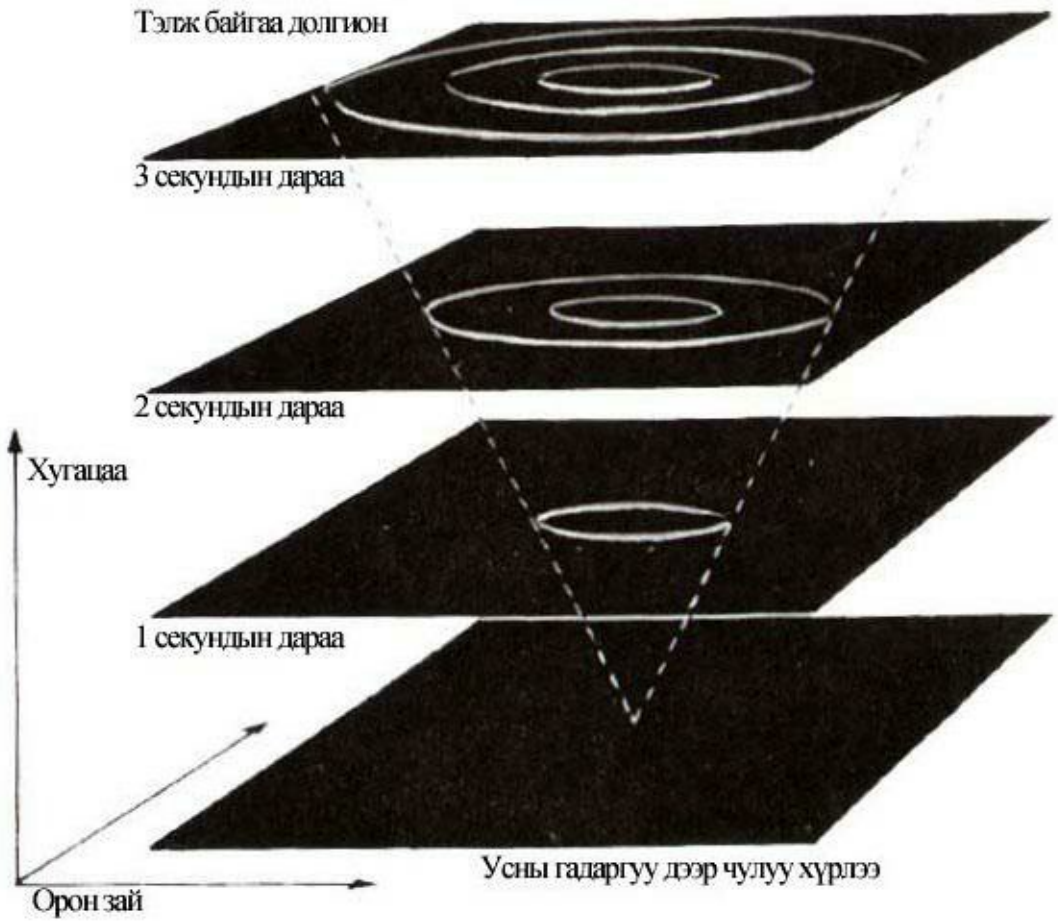


зураг 2.1



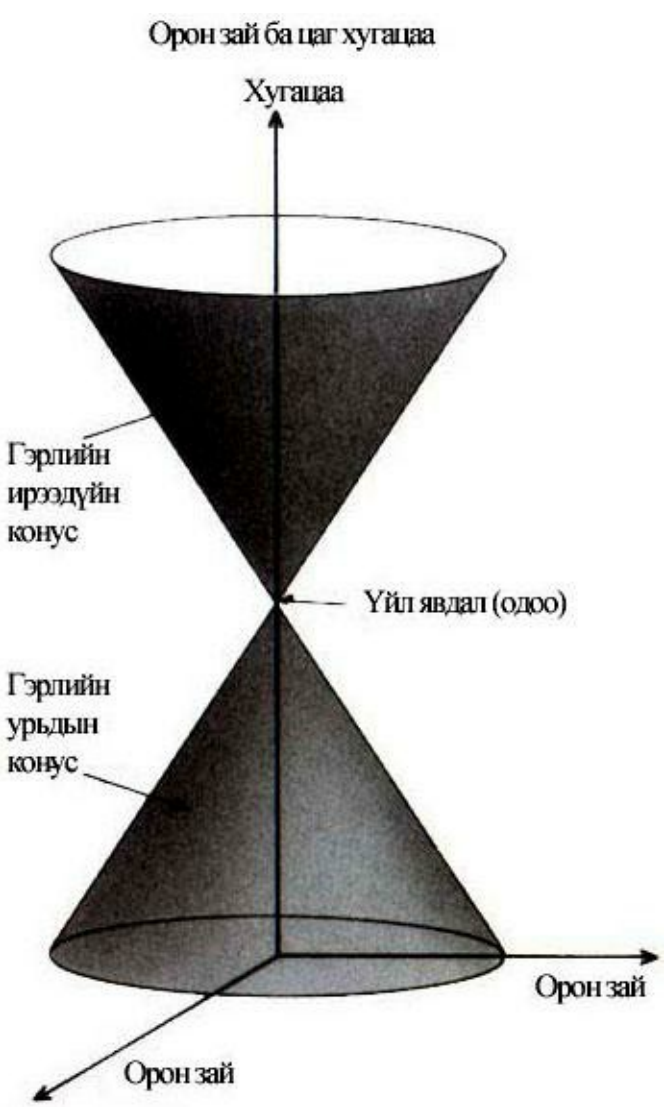
зураг 2.2

Гэрлийн хурд үүсгүүрийн хурднаас үл хамааран тогтмол байдгийг Максвеллийн тэгшитгэл урьдчилан хэлж, энэ нь нарийн хэмжилтээр батлагдсаныг бид үзсэн. Тодорхой нэг цагт, орон зайны тодорхой нэг цэгээс гарсан гэрлийн импульс яваандаа хэмжээ, байрлал нь жирийнхээ хурднаас үл хамаарах гэрлийн хүрээ болон тархдаг гэдэг нь үүнээс урган гарна. Саяны нэг секундын гэрэл 300 метр радиустай хүрээг үүсгэн тархдаг ба хоёр секундын дараа хүрээний радиус 600 метр гэх мэтээр томордог. Энэ нь цөөрмийн ус руу чулуу шидэхэд усны долгиотой ижил юм. Эдгээр долгио яваандаа томрох тойрог байдлаар тархдаг. Цөөрмийн хоёр хэмжээст гадаргуу болон цаг хугацааны нэг хэмжээсийг нийлсэн гурван хэмжээст загварыг төсөөлбөл усанд ч тархах долгион тойрог нь усанд чулуу хүрсэн тэр агшин, тэр цэг дээр оройтой конусыг үүсгэнэ. (зураг 2.3).

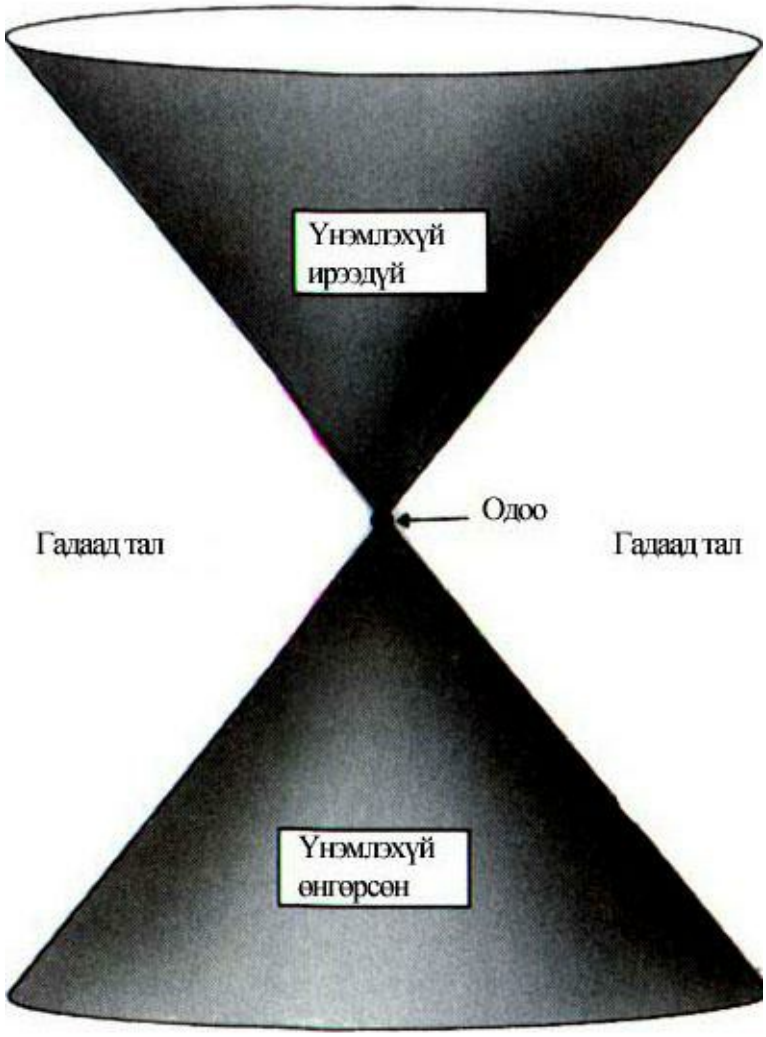


зураг 2.3

Энэ ямар нэг үйл явдлаас тархсан гэрэл нь дөрвөн хэмжээст орон-цагт гурван хэмжээст конусыг үүсгэдэг. Энэ конусыг тухайн үйл явдлын гэрлийн ирээдүйн конус гэж нэрлэнэ. Тухайн үйл явдалд хүрч чадах гэрлийн импульсыг үүсгэсэн үйл явдлын олонлог болох гэрлийн урьдын конус гэгдэх өөр нэг конусыг ч зурж болно (зураг 2.4т харуулсан байна.) Ямар нэгэн үйл явдлын гэрлийн урьдын ба ирээдүйн конус орон-цагийг гурван хэсэгт хуваана (зураг 2.5). Тухайн үйл явдлын үнэмлэхүй ирээдүй бол үйл явдлын гэрлийн ирээдүйн конус доторх муж юм. Энэ бол зарчмын хувьд Р цэгт болсон үзэгдлийн нөлөөг авч болох бүх үйл явдлын цогц. Юу ч гэрлээс хурдан хөдөлж чадахгүй учраас Р үйл явдлын гэрлийн конусын гадна байгаа үйл явдалд Р үйл явдлаас үүссэн дохио хүрч чадахгүй. Иймд Р дээр болсон үзэгдэл тэдэнд нөлөөлөхгүй. Р үйл явдлын үнэмлэхүй өнгөрсөн нь гэрлийн урьдын конусын доторх мужаар илэрхийлэгдэнэ. Энэ бол гэрлийн хурдтай эсвэл түүнээс бага хурдтайгаар тархаж үйл явдалд хүрсэн дохионуудыг үүсгэсэн бүх үйл явдлын олонлог юм. Ингэхлээр энэ нь, Р цэгт болох үзэгдэлд нөлөөлөх боломжтой бүх үйл явцын цогц мөн. Р үйл явдлын гэрлийн урьдын конус дотор багтах орон зайн тухайн нэг мужийн хаа нэгтээ, тодорхой нэг цагт юу тохиосоныг мэдвэл Р үйл явдалын хүрээнд юу тохиохыг урьдчилан хэлж чадна. Гэрлийн урьдын ба ирээдүйн конус дотор багтаагүй орон зайн мужийг гадаад тал гэж нэрлэнэ. Гадаад талд хамаарах үйл явдлууд Р үйл явдалд нөлөөлөх ч үгүй Р үйл явдлын нөлөөг ч авахгүй.

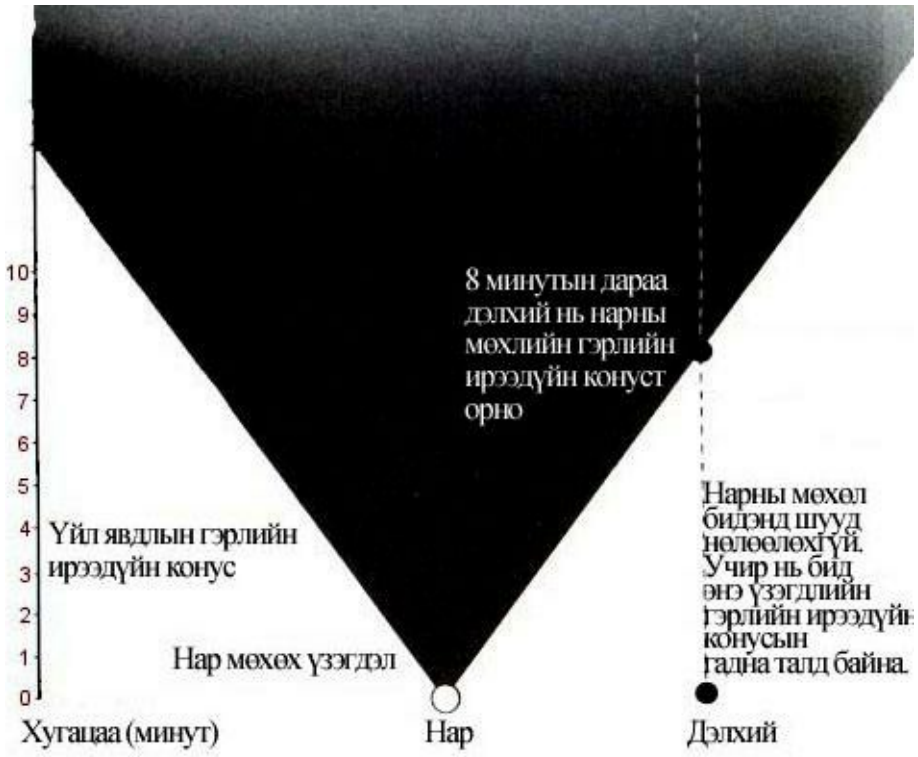

Орон зай ба цаг хугацаа
Хугацаа
Гэрлийн ирээдүйн конус
Үйл явдал (одоо)
Гэрлийн урьдын конус
Орон зай
Орон зай

зураг 2.4



зураг 2.5

Жишээ нь, нар яг одоо гэрэлтэхээ гэнэт боливол тухайн агшинд энэ нь дэлхийн амьдралд огт нөлөөлөхгүй, яагаад гэвэл тэрээр нар бөхөх үзэгдлийн гадна талд байх болно (зураг 2.6).



зураг 2.6

Нарнаас цацарсан гэрэл дэлхийд хүрч ирдэг тэр хугацааны дараа буюу найман минутын дараа л бид энэ тухай мэднэ. Тэр үед л дэлхий дээрх үзэгдэлүүд нар бөхөх үзэгдлийн гэрлийн ирээдүйн конуст орох болно. Үүний нэгэн адил, орчлон ертөнцийн алслагдсан хэсэгт одоо юу болж байгааг бид мэддэггүй бөгөөд бидний харж байгаа холын галактикийн гэрэл хэдэн сая жилийн өмнө цацарсан, харин бидний олж нээсэн хамгийн хол биетийн гэрэл найман мянган сая жилийн өмнө цацарсан аж.Тэгэхээр орчлон ертөнцийг ажиглан харахдаа бид түүнийг өнгөрсөн үед нь харж байна гэсэн үг. 1905 онд Эйнштейн, Паункаре хоёр таталцлын нөлөөг тооцоогүйн нэгэн адилаар асуудалд хандвал тусгай гэгдэх харьцангуйн онолоор асуудлыг шийднэ гэсэн үг. Орон-цаг дахь үйл явдал бүрийн хувьд (орон-цагт тухайн үйл явдлаас цацарсан гэрлийн тархах боломжит бүх замын олонлог болох) гэрлийн конусыг байгуулж болох ба гэрлийн хурд нь ямарч үйл явдлын хувьд, бүх зүгт ижил байдаг болохоор гэрлийн бүх конус нэгэн ижил байхын хамт зүг бүрт чиглэсэн байна. Уг онол юу ч гэрлээс хурдан хөдөлж чадахгүй гэж бас өгүүлдэг. Энэ нь цаг хугацаа, орон зайд аливаа биетийн туулах зам тухайн биет дээр өрнөсөн үйл явдал бүрийн гэрлийн конусын доторх зураасаар илэрхийлэгдэх ёстой гэдгийг илтгэнэ (зураг 2.7). Бүх ажиглагчийн хувьд гэрлийн хурд (Майкельсон- Морлигийн туршлагын үзүүлсэнчлэн) ижил байдгийг тайлбарлахад төдийгүй биет гэрлийн хурдтай ойролцоо хурдтай хөдлөх үед юу тохиолдохыг тодорхойлоход харьцангуйн тусгай онол маш сайн таарч байжээ. Гэвч энэ онол нь биетүүд хоорондынхоо зайнаас хамаарах хүчээр бие биенээ татдаг гэдэг таталцлын тухай Ньютоны онолтой таарахгүй байв. Ньютоны онол биетийн аль нэг нь хөдөлвөл бусдад үзүүлэх хүч нь агшин зуурт өөрчлөгддөг гэдгийг заадаг юм. Өөрөөр хэлбэл таталцлын үйлчлэл харьцангуйн онолын шаарддаг шиг гэрлийн хурдтай тэнцүү буюу бага хурдтайгаар биш, харин төгсгөлгүй хурдтай тархах ёстой. Харьцангуйн тусгай онолтой тохирох таталцлын онол байгуулах хэд хэдэн амжилтгүй оролдлогыг 1908-аас 1914 онд Эйнштейн хийсэн юм. Үүний эцэст 1915 онд тэрээр харьцангуйн ерөнхий гэж өнөө бидний нэрлэж байгаа онолыг дэвшүүлсэн билээ.

Таталцал бол жирийн нэг хүч биш бөгөөд тэр нь орон-цаг өмнө бодож байсанчлан хавтгай бус, харин өөрт агуулагдах масс, энергийн нөлөөгөөр муруйж, "тонгойдог"-ийн шалтгаан юм гэсэн хувьсгалт шинжтэй саналыг Эйнштейн дэвшүүлэв. Дэлхий шиг биетүүд таталцлын хүчнээс болж муруйсан тойрог замаар хөдлөх шаардлагагүй байдаг. Үүний оронд тэд муруй орон зайд шулуунтай нилээд төстэй, геодезийн гэгдэх замаар замнадаг. Геодезийн гэдэг нь зэргэлдээ хоёр цэг хоорондын хамгийн дөт (эсвэл хамгийн тойруу) зам юм, Жишээлбэл дэлхийн гадарга бол хоёр хэмжээст муруй орон зай бөгөөд дэлхий дээрх их тойргийг геодезийн гэх агаад энэ нь хоёр цэгийн хоорондын хамгийн дөт зам байна (зураг 2.8). Нисэх онгоцны дурын хоёр буудал хоорондын хамгийн дөт зам нь геодезийн байдаг болохоор нисэх онгоцны мэдээч нар чухам ийм замыг нисгэгчдэд мэдээлж байдаг. Харьцангуйн ерөнхий онолоор биес дөрвөн хэмжээст орон-цагт ямагт шулуунаар замнадаг ч гурван хэмжээст орон зайд муруй замаар замнадаг мэтээр харагддаг байна. (Үнэмшихийн тулд доворхог газрын дээгүүр нисч байгаа онгоцыг ажиглаарай. Онгоц өөрөө гурван хэмжээст орон зайд шулуунаар нисч байгаа ч сүүдэр нь газрын хоёр хэмжээст гадаргуу дээр муруй байдлаар шилждэг.) Нарны масс нь орон-цагийг дөрвөн хэмжээст орон зайд дэлхий шулуунаар хөдөлж байв ч гурван хэмжээст орон зайд тойрог замаар хөдөлж байгаа мэт харагдахаар муруйлгадаг ажээ. Үнэндээ харьцангуйн ерөнхий онолын таамагласан гарагийн тойрог замууд таталцлын тухай Ньютоны онолын таамагладагтай бараг л таардаг. Гэхдээ наранд хамгийн ойр байж, таталцлын хамгийн хүчтэй нөлөөнд орж, маш их сунасан тойрог замаар хөдөлдөг Буд гарагийн хувьд харьцангуйн ерөнхий онол нь зууван тойрог замын

их тэнхлэг арван мянган жилд ойролцоогоор нэг орчим хэмээр өөрчлөгдөн нарыг тойрон эргэх ёстой гэж урьдчилан хэлсэн юм. Ялихгүй ч гэлээ энэ нөлөө 1915 оноос өмнө тэмдэглэгдэн, Эйнштейний онолын анхны баталгаануудын нэг болж тодорхойлогдсон билээ. Сүүлийн жилүүдэд радио долгионоор бүртгэгч төхөөрөмж ашиглан бусад гарагийн тойрог зам Ньютоны таамаглалаас бага боловч гаждагийг хэмжиж чадсан бөгөөд тэр нь харьцангуйн ерөнхий онолын таамаглалтай таарч байна.

Гэрлийн цацрагууд орон-цагт бас геодезоор замнах ёстой. Орон зай муруйдаг гэдэг нь гэрэл шулуунаар тархдаггүйг мөн илэрхийлдэг. Иймд гэрэл таталцлын оронгуудын нөлөөгөөр хазайх ёстой гэж харьцангуйн ерөнхий онол урьдчилан хэлдэг. Жишээ нь, нартай ойр орших цэгийн гэрлийн конусууд нарны массын нөлөөгөөр түүн рүү бага зэрэг хазайх ёстой гэж энэ онол таамагладаг юм. Энэ нь нарны хажуугаар өнгөрөх холын оддын гэрэл багагүй өнцгөөр хазайн дэлхий дээр байгаа ажиглагчийн хувьд ондоо байрлалд харагдах ёстой (зураг 2.9) гэсэн үг. Тухайн одны гэрэл ямагт наранд ойрхонуур явж өнгөрдөг бол бид гэрэл хазайдаг эсэхийг эсвэл тухайн од бидэнд харагдаж байгаа газраа үнэхээр байдаг эсэхийг хэлж чадахгүй байх байсан. Гэвч дэлхий нарыг тойрон эргэж, зарим од нарны цаагуур далд ороод гарч ирэх үед тэдний гэрэл гаждаг. Ингээд тэдний харагдах байрлал нь бусад одноос харьцангуйгаар өөрчлөгддөг. Нарны хурц гэрэл нь тэнгэр огторгуйд түүнтэй зэрэгцэн оршиж байгаа оддыг харах боломж олгодоггүй учраас энэ нөлөөг ажиглахад ерөнхийдөө маш бэрх. Гэхдээ ийм боломж нарны гэрлийг сар халхалсан, нар хиртэх үед тохиодог. 1915 онд Эйнштейний таамагласан гэрлийн хазайлтыг хэн ч тэр даруй шалгаж чадаагүй, учир нь Дэлхийн Нэгдүгээр Дайн эхэлчихсэн байлаа. Онолын таамаглаж байсанчлан гэрэл нарнаас болж үнэхээр муруйдагийг Баруун Африкаас нар хиртэлтийг ажиглаж байсан Английн экспедиц 1919 онд харуулжээ. Английн эрдэмтэд Германы онолын зөв болохыг нотолсон нь дайны дараа хоёр орон эвлэрэхийн бас нэг агуу үйл болон тэмдэглэгдсэн билээ. Тохуурхалтай нь энэ экспедицийн авсан фото зурганд хожим хийсэн шинжилгээ л тэдний хэмжих гэж оролдож байсан нөлөө хэмжилтийн алдааны зэрэгтэй таарахаар их байсныг илрүүлсэн юм. Англичуудын үр дүн нэг бол цэвэр аз байсан, үгүй бол шинжлэх ухааны хүрээнд цөөнгүй тохиолддог олж авахыг хүссэнээ олж авсан тэр тохиол байжээ. Гэхдээ нарнаас болж гэрэл муруйдаг нь хожим хэд хэдэн ажиглалтаар тодорхой батлагдсан юм. Дэлхий шиг их масстай биеийн ойролцоо цаг хугацаа удаашрана гэдгийг харьцангуйн ерөнхий онол бас таамагласан билээ. Энэ нь энерги их байх тусам давтамж өндөр байх тодорхой хамаарал гэрлийн энерги, давтамж (өөрөөр хэлбэл секунд дэх гэрлийн долгионы тоо) хооронд байдгаас урган гардаг. Дэлхийн таталцлын оронд гэрэл чанх дээш тархдаг болохоор энергиэ алдаж, түүний давтамж багасдаг байна. (Долгионы зэргэлдээ нуруу хоорондын хугацааны хэмжээ ихсэнэ гэсэн үг.) Их өндөрт байрласан ажиглагчид доор болж байгаа бүхэн удаан болж байх шиг санагдах учиртай. Энэ таамаглалыг нэгийг нь ус түгээх цамхагийн орой дээр, нөгөөг нь түүний суурьт байрлуулсан маш нарийн хоёр цагийн тусламжтайгаар 1962 онд шалгасан юм. Газарт ойр байсан цаг харьцангуйн ерөнхий онолтой яг таарч удаан явж байжээ. Дэлхий дээрх ялгавартай өндөрт цагууд ялгаатай явдаг нь хиймэл дагуулаас илгээсэн дохионд суурилан ажилладаг агаарын болон усан замын мэдээлэгч тогтолцоо бий болсонтой холбоотойгоор өнөөдөр ихээхэн практик ач холбогдолтой болжээ. Харьцангуйн ерөнхий онолын таамаглалыг үл хэрэгсвэл тухайн нэг байрлалын координатуудыг хэдэн милиэр алдаатай тооцох юм! Хөдөлгөөний тухай Ньютоны хууль орон зай дахь үнэмлэхүй байрлалын тухай үзэлд цэг тавьсан бол харьцангуйн онол биднийг үнэмлэхүй цаг хугацаанаас чөлөөллөө. Ихэр хүмүүсийг жишээ болгон авъя. Нэг нь уулын орой дээр амьдрахаар одсон, нөгөө нь далайн түвшинд амьдрахаар үлдсэн гэж үзье. Эхнийх нь удаахаасаа арай хурдан хөгширнө. Ингээд тэд уулзах үед нэг нь нөгөөгөөсөө хөгшин харагдах болно. Энэ тохиолдолд насны ялгаа нь тун бага байх авч ихрийн

нэг нь гэрлийн хурдтай ойролцоо хурд бүхий сансрын хөлгөөр алсын аянд мордсон бол бүр их болох байлаа. Буцаж ирэхдээ тэрээр дэлхий дээр үлдсэн ихрээсээ тун залуу харагдах юм. Үүнийг ихрийн парадокс гэдэг боловч энэ нь сэтгэлийнхээ гүнд үнэмлэхүй цаг хугацаанд итгэдэг хүмүүст л зориулагдсан билээ. Харьцангуйн ерөнхий онолд үнэмлэхүй цаг хугацаа гэж байдаггүй, харин оронд нь бодгаль тус бүр хаана байрлаж, хэрхэн хөдөлж байгаагаасаа хамаарсан цаг хугацааны өөрийн хэмжүүртэй байна. Орон зай, цаг хугацааг дотоодод нь үйл явдал болж өрнөдөг ч тэдгээр үйл явдлын нөлөөнд үл автах өөрчлөгддөггүй талбар гэж 1915 оноос өмнө төсөөлж байлаа. Харьцангуйн тусгай онолын хувьд ч байдал ийм л байв. Бие хөдөлж, хүч татаж, түлхэж байхад цаг хугацаа, орон зай хоёр л хэвээр, нөлөөнд үл автан байсан юм. Орон зай, цаг хугацааг төгсгөлгүй. мөнх гэж бодох нь зүй ёсны байжээ. Харьцангуйн ерөнхий онолд нөхцөл байдал огт өөр болов. Орон зай, цаг хугацаа өнөөдөр хувьсамтгай хэмжигдэхүүн болсон бөгөөд бие хөдөлж эсвэл хүч үйлчилж байхдаа орон зайн муруйлт, цаг хугацаанд нөлөөлж, орон-цагийн бүтэц нь бие хэрхэн хөдөлж, хүч яаж үйлчлэхэд эргээд нөлөөлдөг. Орон зай, цаг хугацаа хоёр орчлон ертөнцөд болж байгаа бүхэнд нөлөөлдөг төдийгүй, өөрсдөө ч түүний хүрээнд болж байгаа бүхний нөлөөнд ордог. Орон зай, цаг хугацааны төсөөлөлгүйгээр орчлон ертөнц дэх үйл явдлын тухай ярьж болохгүйн нэгэн адил орон зай, цаг хугацааг орчлон ертөнцөөс ангид ярих нь харьцангуйн ерөнхий онол ёсоор утгагүй юм.

Орон зай, цаг хугацааны тухай энэхүү шинэ ойлгоц орчлон ертөнцийн талаарх үзэлд маань сүүлийн хэдэн арван жилд хувьсал хийлээ. Оршин байсан, мөнхөд оршин байсаар байх, бараг өөрчлөгддөггүй орчлон ертөнцийн тухай хуучин төсөөлөл маань тодорхой нэг хугацааны өмнө үүссэн, ирээдүйн аль нэг цагт оршихуйгаа алдаж ч болох хувирч өөрчлөгддөг, тэлж байгаа орчлон ертөнцийн тухай төсөөллөөр солигдлоо. Дараагийн бүлгээ энэхүү хувьсгалд зориулав. Хэдэн жилийн өмнө энэ нь онолын физик дэх судалгааны ажлын маань эхлэл цэг байсан билээ. Орчлон ертөнц эхлэлтэй байх ёстой, төгсгөлтэй ч байж болохыг Эйнштейний харьцангуйн ерөнхий онол илэрхийлдэгийг Рожер Пенроуз бид хоёр үзүүлсэн юм.

Гуравдугаар бүлэг

Тэлж байгаа орчлон ертөнц

Саргүй түнэр харанхуй шөнө тэнгэр огторгуй руу харвал бүхнээс түрүүн таны харах хамгийн хурц биет нь Цолмон, Улаан Нүдэн, Бархасбадь, Санчир гарагууд байх болно. Манай нартай төстэй ч биднээс асар хол оршин байгаа олон тооны оддыг ч бас харна. Дэлхий нарыг тойрон эргэдэгээс болоод үл-хөдлөх тэдгээр одны зарим нь өөр хоорондын байрлалаа үл ялиг өөрчилсөн байдаг. Үнэндээ тэд огт хөдөлгөөнгүй биш юм! Ийн өөрчлөгдөж харагддаг нь тэд бидэнтэй харьцангуй ойрхон байдагтай холбоотой. Дэлхий нарыг тойрон эргэдэг болохоор тэд бүр холын дэвсгэр оддоос ялгарч янз бүрийн байрлалд харагддаг ажээ. Энэ нь эдгээр од хүртэлх зайг шууд хэмжих боломжийг бидэнд олгодог агаад тэд ойр байх тусмаа илүү хөдлөмтгий харагддаг юм. Проксим Центавр гэгдэх хамгийн ойрын од биднээс гэрлийн дөрөв орчим жилийн алсад (түүний гэрэл дэлхийд иртлээ дөрөв орчим жилийг туулдаг) буюу барагцаалбал хорин гурван саяын сая милийн зайд оршдог. Энгийн нүдэнд харагдах ихэнх од биднээс гэрлийн хэдэн зуун жил алслагдсан байдаг юм. Үүнтэй харьцуулбал манай нар гэрлийн наймхан минутын зайд байдаг! Харагдах одод шөнийн тэнгэрт нилдээ түгсэн үзэгддэг ч Тэнгэрийн заадал гэж бидний нэрлэдэг тэр хэсэгт гойд шигүү цугласан байдаг билээ. Тэнгэрийн заадал оршин байгааг харагдах оддын ихэнх хэсэг мушгиа гэж өнөө бидний нэрлэдэг галактикуудын нэг төрөл болох дүгрэг маягийн хэлбэр дүрс бүхий галактикийн дотор байрладагаар тайлбарлана гэсэн санааг бүр 1750 онд зарим одон орон судлаач илэрхийлж байжээ. Хэдэн арван жилийн дараа одон орон судлаач Вилъям Гершель олон тооны одны байрлал, зайн жагсаалтыг гаргах маш нүсэр ажлыг хийж байхдаа энэ санааг баталсан юм. Гэсэн хэдий ч уг санааг энэ зууны эхээр л бүрэн хүлээн зөвшөөрсөн билээ. Орчлон ертөнцийн талаарх орчин үеийн дүр зураг маань Америкийн эрдэмтэн, одон орон судлаач Эдвин Хаббл манай галактик цорын ганц нь биш гэдгийг үзүүлсэн 1924 оноос л эхтэй юм. Үнэндээ асар их, хоосон зайгаар тусгаарлагдсан олон галактик оршин байдаг ажээ. Үүнийг нотлохын тулд эдгээр галактик хүртэлх зайг тодорхойлох шаардлага Хаббл тулгарсан бөгөөд тэдгээр галактик ойрын оддоос ялгаатай нь огт хөдөлгөөнгүй юм шиг харагдахаар тийм хол байдаг байна. Иймээс зайг хэмжихдээ тэрээр дам аргыг хэрэглэх хэрэгтэй болжээ. Оддын гялалзалт нь хэдий тооны гэрэл тухайн одноос цацарсанаас (түүний гэрэлтэлтээс), мөн хэр хол байгаагаас хамаардаг. Ойрын оддын тухайд тэдний гялалзалт болон зайг хэмжээд гэрэлтэлтийг нь тооцоолж болдог. Үүний эсрэгээр хэрэв бид бусад галактикийн оддын гэрэлтэлтийг мэдвэл гялалзалтыг нь хэмжиж тухайн од хүртэлх зайг тооцоолж болох юм. Зарим төрлийн од хэмжилтэнд өртөхөөр ойрхон байхдаа ч ижил гэрэлтэлттэй байдгийг Хаббл олж ажигласан бөгөөд ийм оддыг өөр галактикаас олбол тэд ижил гэрэлтэлттэй байна гэж үзээд энэ галактик хүртэлх зайг тооцоолж болно гэж тэрээр бодсон байна. Нэг галактикийн хүрээнд хэд хэдэн одны хувьд хийсэн иймэрхүү тооцоо ижил зайг илэрхийлж байвал тооцоог найдвартай гэж үзэж болно. Ийм маягаар Хаббл есөн өөр галактик хүртэлх зайг тооцоолжээ. Манай галактик бол орчин үеийн огторгуйн дурангаар харж болох, тус бүрдээ хэдэн зуун мянган сая одыг агуулсан байдаг хэдэн зуун мянган сая галактикийн нэг гэдгийг өнөө бид мэддэг болсон. Өөр ямар нэг галактик дээр амьдарч буй хэн нэгэнд манай галактик ямаршуухан харагдахыг илтгэх мушгиа нэгэн галактикийн зургийг 3.1 зурагт үзүүллээ. Хөндлөнгөөрөө гэрлийн зуун мянга орчим жил байдаг, мушгирсан хоолойнууд дахь одод нь төвөө хэдэн зуун сая жил тутамд бараг нэг бүтэн тойрдог, удаан эргэж буй галактик дээр бид амьдарч байна. Манай нар бол мушгирсан нэг хоолойн дотор талд захдуу байрласан жирийн, дундаж хэмжээний шар од юм. Дэлхийг орчлонгийн төв гэж үздэг байсан Аристотель, Птолемейн үеэс хойш бид ямар их замыг туулаа вэ!

зураг 3.1

Одод гэрэлт өчүүхэн цэг болж харагдахаар тийм хол байдаг. Тэдний хэмжээ, хэлбэрийг ч бид мэдэхгүй. Тэгэхээр янз бүрийн хэлбэр. хэмжээтэй оддын талаар юу гэж яривал зохилтой вэ? Дийлэнх одны хувьд бидний ажиглаж болох зөвхөн нэг онцлог шиыж байдаг нь түүнээс ирэх гэрлийн өнгө юм. Призм гэгдэх гурвалжин шилэн дундуур орсон нарны гэрэл солонго шиг өнгө өнгийн бүрдлүүддээ (спектртээ) задардагийг Ньютон нээсэн билээ. Дурангаа ямар нэг од эсвэл галактик дээр тохируулан тэр од эсвэл галактикийн гэрлийн спектрийг ийм байдлаар ажиглаж болно. Ялгаатай одод ялгаатай спектртэй байдаг ч янз бүрийн өнгөний гялалзах харьцангуй шинж нь улайссан биетээс цацардаг гэрлийнхтэй ямагт адил байдаг. (Үнэндээ улайссан тунгалаг биш биетээс цацарсан гэрэл тухайн биеийн температураас л хамаарах дулааны гэгдэх маш онцгой спектртэй байдаг. Иймд гэрлийнх нь спектрээс тухайн одны температурыг тодорхойлж болно гэсэн үг.) Түүнээс гадна маш өвөрмөц зарим өнгө одны спектрт огт байдаггүйг, байхгүй эдгээр өнгө од бүхэнд өөр өөр байдгийг бид мэдсэн юм. Химийн элемент бүхэн өнгөний өвөрмөц бүрдэлтэй байдгийг бид мэддэг болохоор тэднийг оддын спектрт байхгүй өнгөтэй харьцуулж, одны агаар мандалд ямар элементүүд байгааг нарийн тодорхойлж чадна. Одон орон судлаачид бусад галактик дээрх оддын спектрийг судалж эхэлсэн 1920-иод онд бүр ч гайхалтай нэг зүйл илрэв. Бусад галактикийн одонд байхгүй өнгөний өвөрмөц нэгэн бүрдэл манай өөрийн галактикийн оддын хувьд илэрсэн атлаа тэд бүгдээрээ спектрийн улаан туйл руу харьцангуй ижил хэмжээтэй шилжиж байлаа. Үүнээс гарах мөрдөлгөөг ойлгохын тулд Доплерийн эффектийг эхлээд ойлгох хэрэгтэй. Бидний мэдсэнчлэн үзэгдэх гэрэл нь цахилгаан-соронзон оронгийн хэлбэлзэл буюу долгионоос тогтдог. Гэрлийн давтамж (буюу нэг секунд дэх долгионы тоо) секундэд дөрвөн зуугаас долоон зуун саяын сая хүртэлх долгионыг агуулсан үлэмж өндөр байдаг. Ялгаатай давтамж бүхий гэрлүүдийг хүний нүд янз бүрийн өнгө болгон хүлээн авдаг бөгөөд хамгийн бага давтамжтай нь спектрийн улаан туйл дээр, хамгийн өндөр давтамжтай нь хөх туйл дээр үзэгддэг юм. Одоо биднээс тодорхой зайд байрласан, тогтмол давтамжтай гэрлийн долгионыг цацруулдаг од маягийн гэрлийн үүсгүүрийг дотроо төсөөлцгөөе. Бидний хүлээн авсан долгионы давтамж цацарсан үеийнхтэйгээ адил байх нь мэдээж (галактикийн таталцлын орон чухал нөлөөтэй биш байг). Одоо үүсгүүр бидний зүг хөдөлж эхэлсэн гэж төсөөлцгөөе. Дараагийн долгион гарах үед үүсгүүр бидэн рүү ойртсон байна, тэгэхээр долгионы нуруу бидэнд иртлээ зарцуулдаг хугацаа нь од хөдөлгөөнгүй байх үеийнхээс бага болно. Иймд ирж байгаа додгионы хоёр нуруу хоорондын хугацаа бага болж, нэг хоромын дотор бидний хүлээн авах долгионы тоо

(өөрөөр хэлбэл давтамж) од хөдөлгөөнгүй байсан үеийнхээс их болно гэсэн үг. Эсрэгээр, үүсгүүр холдох үед бидний хүлээн авах долгионы давтамж багасна. Гэрлийн тохиолдолд энэ нь биднээс холдож буй одод улаан туйл руу шилжих спектртэй (улаан шилжилт), харин бидэнд ойртож буй одод хөх рүү шилжих спектртэй байх ёстой гэдгийг илэрхийлнэ. Хурд, давтамж хоёрын ийм харьцааг Доплерийн эффект гэдэг бөгөөд энэ нь бидний өдөр тутмын амьдралд ч тохиолддог. Замаар яваа машинуудыг анхааран сонсоорой. Тэднийг ойртох үед хөдөлгүүрийн дуу өндөрсөж (өөрөөр хэлбэл түүний гаргаж буй дууны долгионы давтамж өндөр болж), харин машин хажуугаар өнгөрч холдох үед дуу намсдаг. Гэрлийн болон радио долгионы үйлдэл бас ийм байдаг. Цагдаа нар машины хурдыг тэднээс хүлээн авсан радио долгионы импульсийн давтамжаар тодорхойлохдоо үнэндээ Доплерийн эффектийг хэрэглэж байдаг билээ. Өөр галактикууд байгаа гэдгийг нотлоод Хаббл амьдралын сүүлийн жилүүдээ эдгээр галактик хүртэлх зайн жагсаалтыг зохиох, тэдний спектрийг ажиглахад зориулсан байна. Тэр үед ихэнх эрдэмтэд галактикууд тун эмх цэгцгүйгээр эргэдэг гэж үздэг байсан болохоор улаан шилжилттэй спектр хэд байна хөх шилжилттэй спектр төчнөөн байх ёстой хэмээн бодож байжээ. Тэгтэл ихэнх галактик улаан шилжилтийг үзүүлж, бараг бүгдээрээ биднээс холдож байсан нь үнэхээр гайхалтай байв! Гэвч галактикуудын улаан шилжилтийн хэмжээ тохиолдлын шинжтэй биш, харин биднээс галактик хүртэл зайтай шууд пропорциональ гэсэн нээлтийг 1929 онд Хаббл зарласан нь бүр гайхалтай байлаа. Өөрөөр хэлбэл галактик хэдий хол байна төдий хурдан холдож байна! Галактик хоорондын зай цаг тутам өсч байгаа болохоор энэ нь орчлон ертөнц өмнө бодож байсанчлан тогтвортой байж чадахгүйг, чухамдаа бол тэлж байгааг илэрхийлсэн юм. Орчлон ертөнц тэлж байгааг нээсэн нь хорьдугаар зууны оюун сэтгэлгээнд гарсан агуу хувьсгалуудын нэг байлаа. Өмнө нь энэ санаа хэний ч ухаанд буугаагүйг өнөө бодоод үзэхэд үнэхээр хачирхалтай. Таталцлын нөлөөгөөр тогтвортой орчлон ертөнц удахгүй хумигдаж эхлэнэ гэдгийг Ньютон болоод бусад эрдэмтэд төсөөлөх л байсан гэхдээ үүний эсрэгээр орчлон ертөнц тэлж байна гэж төсөөлцгөөе орчлон ертөнц алгуурхан тэлж байгаа бол таталцлын хүч тэлэлтийг эцсийн эцэст зогсоож тэрээр хумигдаж эхлэх болно. Харин ханасан тодорхой хурднаас давсан хурдтайгаар тэлж байгаа бол таталцал нь тэлэлтийг зогсоож чадахгүй бөгөөд тэлэлт мөнхөд үргэлжлэх юм. Энэ бүхэн нь дэлхийн гадаргуугаас сансарын хөлөг хөөрөх үед үүсдэг нөхцөлтэй нилээд төстөй. Хэрвээ хөлгийн хурд тийм ч их биш бол таталцлаас болоод тэрээр эцсийн эцэст зогсож, эргэн унах болно. Хөлгийн хурд ханасан тодорхой (секундэд долоон орчим миль) хурднаас их бол таталцлын хүч түүнийг буцааж чадахгүй ертөнцийн тэлэлтийг таталцлын тухай Ньютоны онолын үндсэн дээр XIX, XVIII зуунд, бүр XVII зууны тегсгөлд Урьдчилан хэлж болох байсан. Гэвч тогтвортой орчлон ертөнцөд итгэх итгэл манай зууны эхэн хүртэл алдархааргүй бат бөх байжээ. Эйнштейн ч гэсэн 1915 онд харьцангуйн ерөнхий онолоо томъёолсон атлаа орчлон ертөнцийг тогтвортой байлгахын тулд Эйнштейн томъёондоо сансрын гэгдэх тогтмол хэмжигдэхүүнийг оруулан онолоо өөрчлөн хувиргасан юм. Ямар нэг үүсгүүрээс үүсдэггүйгээрээ бусад хүчнээс ялгардаг. Гэхдээ орон-цагын бүтцэд багтдаг "таталцлын эсрэг" хэмээх шинэ хүчийг тэрээр оруулсан билээ. Орон-цаг угаас тэлэх хандлагатай байдаг бөгөөд энэ тэлэлт орчлон ертөнц тогтвортой байна гэж Эйнштейн батлав. Магадгүй цор ганц хүн харьцангуйн ерөнхий онолд итгэж байжээ. Тогтвортой бус орчлон ертөнцийг урьдчилан хэлсэн харьцангуй таамаглалаас зайлсхийх арга замыг Эйнштейн болон бусад эрдэмтэд хайж байхад Оросын физикч, математикч Александер Фридман харин эсрэгээр түүнийг тайлбарлахийг оролдож байв Бид хаашаа ч харлаа гэсэн орчлон ертөнц ижил харагдах бөгөөд энэ нь орчлон ертөнцийг өөр хаа нэг газраас ажиглахад ч үнэн байна гэсэн маш энгийн хоер таамаглалыг Фридман дэвшүүлжээ. Зөвхөн энэ хоёр санаан дээр тулгуурлан, орчлон ертөнцийг тогтвортой гэж бодож болохгүйг Фридман үзүүлсэн юм. Үнэндээ Эдвин Хабблын нээлтээс хэдхэн жилийн өмнө буюу 1922 онд Фридман түүний нээх зүйлийг зөв таамаглаж байжээ! Орчлон ертөнц аль ч зүгт ижил харагдана

гэсэн таамаглал бодит байдал дээр биелэхгүй нь мэдээж. Жишээ нь, бидний үзсэнчлэн манай галактикийн зарим од Тэнгэрийн заадал гэгдэх гэрэлт нарийхан зурвасыг шөнийн тэнгэрт үүсгэдэг. Гэхдээ холын галактик руу харах юм бол тэд бүх зүгт бараг л ижил тооны байна. Иймд бага хэмжээний хүрээн дэх ялгааг анзаарахгүй орхиж, галактик хоорондын зайтай харьцуулсан том хэмжээнд ажиглалт хийх үед орчлон ертөнц үнэндээ бүх зүгт бараг л ижил харагдах ёстой. Бодит орчлон ертөнцийн ойролцоо тайлбар болох, Фридманы таамаглалын хувьд энэ нь олон жилийн турш хангалттай зөвтгөл болсон юм. Гэхдээ Фридманы таамаглал үнэндээ манай орчлон ертөнцийн тухай гайхалтай нарийн тайлбар өгдөгийг хожим азтай тохиолдлоор илрүүлсэн билээ.

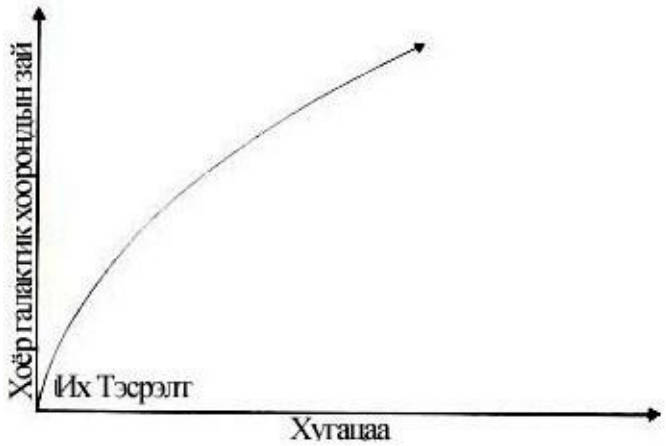
1965 онд Америкийн хоёр физикч, Нью-Жерси мужийн Bell Telephone Laboratories компанийн Арно Пензиас, Роберт Вилсон нар бичил-долгионы маш мэдрэмтгий бүртгэгчийг ашиглаж үзсэн байна. (Бичил-долгион нь гэрлийн долгионтой маш төстэй, гэхдээ түүний давтамж нь секундэд арван мянган сая долгионы эрэмбийн байдаг.) Бүртгэгч нь байх ёстойгоос илүү их шуугиан бүртгэсэн байсан нь Пензиас, Вилсон хоёрыг гайхашруулжээ. Энэ шуугиан хаанаас ирсэн нь мэдэгдэхгүй байж. Тэр хоёр бүртгэгчээсээ сангас олоод, иймэрхүү боломжит бусад хүчин зүйлийг эхлээд шалгаж үзсэн ч удалгүй тэднийг хэрэгсэхээ больсон байна. Гэрлийн цацрагууд тэнгэрийн хаяанаас ирж бүртгэгдэхдээ чанх дээрээс ирж бүртгэгдэх үеийнхээсээ илүү их агаар мандлыг туулдаг учраас агаар мандлын дотроос ирсэн аливаа шуугиан бүртгэгчийг эгц дээш чиглүүлээгүй үед арай хүчтэй байх учиртайг тэд олж мэджээ. Илүү шуугиан нь бүртгэгчийг хаашаа ч чиглүүлсэн ижил байсан болохоор агаар мандлын гаднаас ирсэн байх ёстой болов. Тэр нь өдөр ч, шөнө ч, жилийн аль ч улиралд, дэлхий тэнхлэгээ тойрон эргэж, нарыг тойрсон эргэлтээ хийж байхад ч ижил байлаа. Тэгэхээр энэхүү цацраг Нарны Системийн цаанаас, тэр бүү хэл манай галактикийн цаанаас ирсэн байх ёстой гэсэн үг, эсрэг тохиолдолд дэлхийн хөдөлгөөнөөс болоод бүртгэгч чиглэлээ өөрчлөх учраас цацрагийн эрчим өөрчлөгдөх байсан юм. Үнэндээ энэ цацраг бидэнд хүртлээ ажиглагдах бараг бүх орчлон ертөнцөөр нэвтэрч гарсан нь илэрхий бөгөөд тэрээр янз бүрийн чигт ижил байгаа болохоор орчлон ертөнц ч гэсэн наанадаж том хэмжээндээ бүх чигт ижил байх ёстой аж. Аль ч зүг рүү ажиглалт хийлээ гэсэн энэ шуугиан арван мянгад нэг хувиас илүү байхаар хэзээ ч өөрчлөгдөхгүй гэдгийг бид одоо мэддэг болсон. Ингэж Пензиас, Вилсон хоёр Фридманы эхний таамаглалын гайхалтай нарийн баталгааг санамсаргүйгээр олсон юм. Бараг л тэр үед хөрш зэргэлдээ Принстоны Их Сургуулийн фичикч Боб Дикке, Жим Пиблэс нар бичил-долгионы судалгааг бас явуулсан байна. Тэд (нэгэн цагт Александер Фридманы шавь байсан) Жорж Гамовын дэвшүүлсэн, эрт үеийн орчлон ертөнц маш халуун, нягт, улайтлаа халсан байсан тухай таамаглалыг шалгасан ажээ, Маш хол мужийнх нь гэрэл бидэнд дөнгөж одоо л ирж чадах учраас эрт үеийн орчлон ертөнцийн гэрэлтэлтийг харж болно гэсэн санааг Дикке, Пиблэс нар санал болгов. Гэхдээ орчлон ертөнцийн тэлэлт нь энэ гэрэл бидэнд бичил-долгионы цацраг болж харагдахаар тийм их улаан шилжилттэй байх ёстой гэдгийг заасан байна. Пензиас, Вилсон хоёр тэдний ажлын талаар дуулж мэдээд, тэд түүнийг олчихсон гэж ойлгож байх үест Дикке, Пиблэс нар энэхүү цацрагийг хайхаар бэлдэж байсан аж. Энэ цацрагийг илрүүлсэнийхээ төлөө Пензиас Вилсон хоёр 1978 онд (Гамовын тухай огт дурдалгүй Дикке, Пиблэс нарыг дурдахад л хэцүүдэж мэдэх!) Нобелийн шагнал хүртсэн юм. Бид хаашаа ч харлаа гэсэн орчлон ертөнц ижил харагдана гэдэгт хамаарах энэ бүх нотолгоонд үндэслэн орчлон ертөнцийн дунд манай гараг онцгой нь юм гэж үзэж болохоор байна. Тухайлбал, бусад бүх галактик биднээс холдож байгааг харсан бол бид орчлон ертөнцийн төвд нь байх ёстой гэж үзэж болно. Гэвч орчлон ертөнцийг өөр ямар нэг галактикаас харсан тохиолдолд ч тэрээр бүх зүгт ижил харагдах ёстой гэсэн өөр тайлбар ч бий. Бйдний үзсэнчлэн энэ бол Фридманы хоёрдахь таамаглал юм. Бидэнд энэ таамаглалыг зөвшөөрөх ч, үгүйсгэх ч

шинжлэх ухааны нотолгоо байхгүй. Үүнд бид зүгээр л итгэдэг бөгөөд хэрэв орчлон ертөнц бидний орчимд л бүх зүгт ижил харагддаг, харин орчлон ертөнцийн бусад цэгийн орчимд тийм биш байдагсан бол тун жигтэй байхсан, Фридманы загварт бүх галактик бие биеэсээ холдож байдаг. Энэ нь үлээх тоолон гадаргуу дээр нь алгуурхан тодрох маш олон цэг бүхий бөмбөлөгтэй нилээд төстэй. Бөмбөлөг тэлж томроход дурын хоёр цэг хоорондын зай ихсэнэ, гэхдээ түүнд тэлэлтийн төв гэж нэрлэчихээр нэг ч цэг байхгүй. Түүнээс гадна, цэгүүд хоорондоо хол байх тусмаа бие биеээсээ улам хурдан холддог. Үүнчлэн, Фридманы загварт дурын хоёр галактикийн бие биеэсээ холдох хурд тэдний хоорондын зайтай пропорциональ байдаг юм. Тэгэхээр энэ нь Хабблын нээсэнтэй ижил, галактикийн улаан шилжилт биднээс алдслагдсан зайтай нь шууд пропорциональ байх ёстой гэдгийг урьдчилан хэлсэн байна. Загвар нь төдийгүй Хабблын ажиглалтыг урьдчилан хэлсэн нь амжилттай биелсэн ч Америкийн физикч Ховард Робертсон, Английн математикч Артур Вокер нар орчлон ертөнцийн тэлэлтийн талаарх Хабблын нээлтэнд тохируулан иймэрхүү загварыг 1935 онд дэвшүүлэх хүртэл Фридманы ажил Өрнөдөд төдий л нэрд гараагүй үлдсэн билээ.

Фридман өөрөө зөвхөн ганцыг нь илрүүлсэн ч үнэндээ Фридманы суурь хоёр таамаглалд тохирох гурван төрлийн загвар бий, (Фридманы нээсэн) эхний хэв загварт орчлон ертөнцийн тэлэлт галактик хоорондын таталцлын хүчний нөлөөгөөр удааширч, эцэст нь зогсох тийм алгуурханаар явагдана, Хожим галактикууд бие биедээ ойртож, орчлон ертөнц хумигддаг. 3.2-р зурагт зэргэлдээ хоёр галактик хоорондын зай яваандаа хэрхэн өөрчлөгдөхийг үзүүлсэн юм. Тэр нь тэгээс тодорхой цэг хүртлээ өсөөд дараа нь ахин тэг хүртлээ багасна.

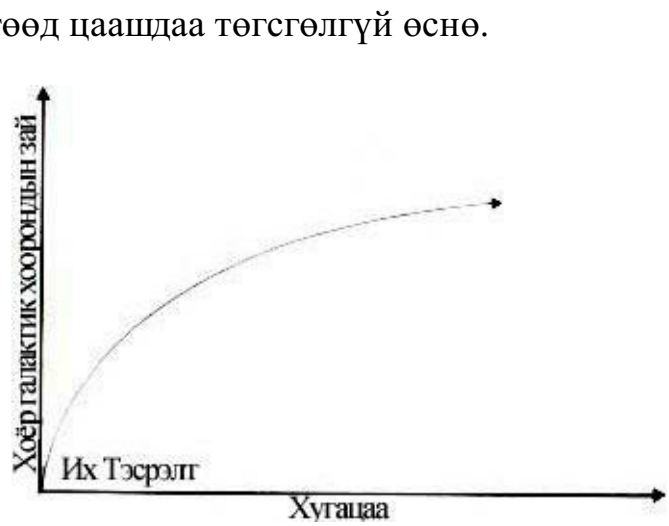
зураг 3.2

Хоёрдахь төрлийн шийдэлд таталцлын хүч тэлэлтийг удаашруулсан ч түүнийг зогсоож чадахааргүй хурдтайгаар орчлон ертөнц тэлж байна. Энэхүү загварт галактик хоорондын зай хэрхэн өөрчлөгдөхийг 3.3-р зурагт үзүүлэв. Тэр нь тэгээс эхлэх бөгөөд галактикууд бие биеэсээ алгуурхнаар тасралтгүй холдоно.



зураг 3.3

Эцэст нь, орчлон ертөнц эргэн хумилтаас зайлахад дөнгөж хүрэлцэх хурдтайгаар тэлж байгаа гуравдахь төрлийн шийдэл байна. 3.4-р зурагт үзүүлсэн энэ тохиолдол дахь галактик хоорондын зай нь бас л тэгээс эхлэх бөгөөд цаашдаа төгсгөлгүй өснө.



зураг 3.4

Гэхдээ галактикуудын бие биеэсээ холдох хурд бага багаар саарах боловч хэзээ ч тэг болтлоо унахгүй ажээ. Орон зай ямар ч хил хязгааргүй атал орчлон ертөнц орон зайд төгсгөлөг байдаг нь Фридманы эхний хэв загварын өвөрмөц онцлог юм. Таталцал нь орон зайг дэлхийн гадаргатай төстэй болгон, өөрийгөө бүслэн муруйлгахаар тийм хүчтэй байдаг. Хэн нэгэн хүн дэлхийн гадарга дээр тодорхой нэг чигийг барин явсаар хэзээ ч давшгүй саадтай тулгарах юмуу эрэг ирмэг давж унахгүйгээр хаанаас явсан тэр газраа эцсийн эцэст эргэн ирнэ. Фридманы эхний загварт орон зай яг ийм байдаг, гэхдээ дэлхийн гадаргын хоёр хэмжээсний оронд гурван хэмжээстэй байдаг билээ. Дөрөв дэх хэмжээс болох цаг хугацаа бас төгсгөлөг боловч энэ нь эхлэл, төгсгөлтэй буюу эхэлсэн, төгссөн хоёр хил хязгаартай хэрчимтэй төстэй. Харьцангуйн ерөнхий онолыг квант механикийн тодорхойгүйн зарчимтай нэгтгэвэл орон зай, цаг хугацаа нь хил, хязгаар үгүй атлаа төгсгөлөг байж болохыг дараа бид авч үзнэ.

Хэн нэгэн нь орчлон ертөнцийг тойроод анх явсан газраа эргэн ирж болох тухай санаа шинжлэх ухааны хүрээнд аятайхан уран сэтгэмжийг төрүүлдэг ч энэхүү гороо дуусахаас өмнө орчлон ертөнц тэг хүртэл хумигдах нь илэрхий учраас төдий л практик ач холбогдолгүй юм. Орчлон ертөнц төгсөхөөс өмнө анх явсан газраа буцаж ирэхийн тулд гэрлээс илүү хурдтайгаар явах хэрэгтэй болох ч энэ нь боломжгүй билээ! Орчлон ертөнц тэлээд хумигддаг, Фридманы эхний загварт орон зай дэлхийн гадарга шиг дотогшоогоо муруйдаг. Иймд түүний хэмжээ төгсгөлөг.

Орчлон ертөнц мөнхөд тэлдэг хоёрдахь төрлийн загварт орон зай өөр маягаар, эмээлийн суудал шиг муруйна. Энэ тохиолдолд орон зай төгсгөлгүй. Эцэст нь, дөнгөн данган ханасан хурд бүхий тэлэлттэй, Фридманы гуравдахь загварт орон зай хавтгай (тэгэхээр мөн төгсгөлгүй) байдаг. Гэхдээ Фридманы аль загвар нь манай орчлон ертөнцийг тодорхойлох вэ? Орчлон ертөнц эцсийн эцэст тэлэхээ больж хумигдаж эхлэх үү эсвэл мөнхөд тэлсээр байх уу? Энэ асуултанд хариулахын тулд орчлон ертөнцийн тэлэлтийн одоогийн хурд, дундаж нягтыг мэдэх хэрэгтэй. Хэрэв нягт нь тэлэлтийн хурдаас хамаарах ханасан тодорхой утгаас бага байвал таталцлын хүч тэлэлтийг зогсооход хэтэрхий багадна. Хэрэв нягт нь ханасан утгаас их байвал таталцалаас болж ирээдүйн аль нэг агшинд тэлэлт зогсож, орчлон ертөнц хумигдаж эхэлнэ. Биднээс холдож байгаа бусад галактикийн хурдыг Доплерийн эффектээр дамжуулан хэмжээд тэлэлтийн өнөөдрийн хурдыг тодорхойлж болно. Тийм хэмжилтийг маш нарийн хийж болох ч бусад галактик хүртэлх зайг дам байдлаар хэмждэг учраас тэр нь бидэнд төдий л тодорхой биш байдаг. Тэгээд ч бидний мэдэж буй бүхэн орчлон ертөнц мянган сая жил тутамд 5-аас 10 хувиар тэлж байгаа гэдгээр хязгаарлагдаж байна. Гэтэл орчлон ертөнцийн дундаж нягтын талаарх тодорхойгүй маань бүр ч их юм. Хэрэв өөрийн болон бусад галактикийн харагдах бүх одны массыг нэмбэл нийлбэр нь тэлэлтийн хурдыг хамгийн бага ойролцоо утгаар авсан, орчлон ертөнцийн тэлэлтийг зогсооход шаардлагатай тэрхүү нягтын зууны нэгээс бага байна. Гэхдээ бидэнд шууд ажиглагддаггүй ч оршин байгаа нь галактикууд дахь оддын тойрог замд нөлөөлөх таталцалаараа мэдрэгддэг олон тооны "харанхуй биес" манай болон бусад галактикт байх учиртай. Түүнээс гадна галактикууд бөөгнөрсөн байдлаар ажиглагддаг бөгөөд бөөгнөрсөн эдгээр галактик хоорондбүр олон тооны харанхуй бие байгааг дээрхийн адил галактикуудын хөдөлгөөнд нөлөөлөх нөлөөгөөр нь мэдэж болно. Бүх харанхуй биеийн массыг нэмэхэд ч тэлэлтийг зогсооход шаардлагатай массын аравны нэг орчим л бүрддэг. Гэвч бүх орчлон ертөнцөөр бараг жигд тархсан, бидэнд хараахан бүртгэгдээгүй байгаа, тэлэлтийг зогсооход хүрэлцэх ханасан утганд орчлон ертөнцийн дундаж нягтыг хүргэж чадах бусад төрлийн бие оршин байх боломжийг үгүйсгэж болохгүй. Тэгэхдээ бидэнд одоо байгаа нотолгоонууд орчлон ертөнц магадгүй мөнхөд тэлэх тухай өгүүлж байгаа ч хэрэв орчлон ертөнц яаж ийгээд эргэн хумигддаг юмаа гэхэд орчлон ертөнц наанадаж арван мянган сая жилийн турш тэлчихсэн болохоор дор хаяж төдий хугацаа өнгөрөхөөс нааш энэ нь тохиохгүй гэдэгт бүрэн итгэж болно. Үүнд тэгтлээ их санаа зовох хэрэггүй бөгөөд тэр үед хүн төрөлхтөн нутаг сэлгэн Нарны Системийн цаана буугаагүй байх л юм бол нартайгаа хамт бөхсөн байна!

Фридманы загварын бүх шийдэл өнгөрсөн үед, цаг хугацааны ямар нэг агшинд (арваас хорин сая жилийн өмнө) зэргэлдээ галактикуудын хоорондын зай тэгтэй тэнцүү байсан байх ёстой гэдгээрээ нийтлэг юм. Их тэсрэлт гэгдэх энэ агшинд орчлон ертөнцийн нягт, орон-цагийн муруйлт төгсгөлгүй байсан байж таарна. Төгсгөлгүй тооны хувьд математик биелдэггүй болохоор (Фридманы шийдлүүдийн үндэс болсон) харьцангуйн ерөнхий онол үл биелэх цэг орчлон ертөнцөд бий гэдгийг уг онол өөрөө урьдчилан хэлсэн гэсэн үг. Ийм цэгийг математикчид онцгой гэж нэрлэдэг. Үнэндээ шинжлэх ухааны бүх онол маань орон-цаг тэгш, бараг хавтгай гэдэг таамаглал дээр суурилсан болохоор орон-цагийн муруйлт төгсгөлгүй байх их тэсрэлтийн онцгой цэг дээр тэдгээр онол биелэхгүй юм. Их тэсрэлтийн цэг дээр урьдчилан хэлэх боломж алдагдахуйц учраас энэ нь их тэсрэлтээс өмнө ямар нэг үйл явдал болсон байлаа ч гэсэн түүгээр хожим болох үйл явдлыг нь тодорхойлж болохгүйг илэрхийднэ. Энэчлэн, их тэсрэлтээс хойш юу болсоныг л бид мэддэг байлаа ч түүнээс өмнө юу болсоныг бас тодорхойлж чадахгүй. Бидний тухайд их тэсрэлтээс өмнө болсон үйл явдлууд ямарч үр дагавартай байж чадахгүй болохоор тэднийг орчлон ертөнцийн талаарх шинжлэх ухааны загварт тусгах боломжгүй. Иймд бид түүнийг загвараас хасч, цаг хугацаа их тэсрэлтээс эхэлсэн гэж тооцох

хэрэгтэй. Цаг хугацаанд эхлэл байсан тухай санаа түүнд бурханлаг хүчний оролцоо далдуур агуулагдаж байдгаас олонх хүнд таалагддаггүй болтой. (Үүнээс гадна их тэсрэлтийн загварыг Католик шашны Сүм хийдийнхэн шүүрэн авч, их тэсрэлтийн загвар Библитэй таарч байна гэж 1951 онд албан ёсоор зарласан билээ.) Үүнтэй холбоотойгоор их тэсрэлт бүхий шийдлээс зайлсхийсэн хэд хэдэн оролдлого гарчээ. Тогтонги төлөвийн онол нилээн дэмжлэг авсан юм. Үүнийг нацистуудад эзлэгдсэн Австриас дүрвэн гарсан Херман Бонди, Томас Гоулд нар радио долгионоор бүртгэгчийг боловсронгуй болгох асуудлыг дайны үед тэдэнтэй хамт судалж байсан Английн иргэн Фред Хойлын хамт 1948 онд дэвшүүлжээ. Галактикууд бие биеэсээ тарж сарних үед тэдний хоорондын сул зайд, тасралтгүй бүрэлдэх шинэ бодисоос шинэ галактикууд цаг ямагт үүсч байдаг гэдэгт тэдний санаа оршино. Иймд орчлон ертөнц орон зайн бүх цэгээс гадна, цаг хугацааны бүх агшинд бараг ижил харагдах юм. Бодисын тасралтгүй бүрэлдэлтээр харьцангуйн онолыг нилээд өөрчлөхийг тогтонги төлөвийн онол шаардсан боловч бүрэлдэх тохиромжтой хурд нь туршилттай ямарч зөрчил үүсгэхээргүй бага (жилд нэг куб километрт нэг орчим бөөм) байв. Энэ онол нэгдүгээр бүлэгт дурдсан шалгуурын утгаар бол шинжлэх ухааны зайн онолын жишээ мөн. Учир нь тэрээр энгийн бөгөөд ажиглалтын аргаар шалгаж болох тодорхой таамаглалуудыг гаргадаг. Тэдгээр таамаглалын нэг нь орчлон ертөнцөд хаана, хэзээ ажиглалт хийснээс үл хамааран орон зайн дурын мужид галактик хийгээд үүнтэй төстэй бусад биеийн тоо ижил байх ёстой гэж өгүүлдэг. 1950-иад оны сүүл, 1960-аад оны эхэнд (радио долгионоор бүртгэгчийг сайжруулах асуудлаар дайны үед Бонди, Гоулд, Хойл нартай бас ажиллаж байсан) Мартин Райлын удирдсан Кембрижийн Их Сургуулийн хэсэг одон орон судлаач гадаад орон зайгаас ирсэн радио долгионы үүсгүүрийн жагсаалтыг гаргасан байна. Кембрижийн энэ бүлэг эдгээр радио-үүсгүүрийн ихэнх хэсэг манай галактикийн гадна байх ёстойг (тэдний ихэнхийг үнэндээ бусад галактиктай адилтгаж ч болохоор байжээ), түүнээс гадна сул үүсгүүрүүд хүчтэйгээсээ хамаагүй их байгааг үзүүлсэн юм. Сул үүсгүүрүүдийг илүү алслагдсан гэж, харин хүчтэйг нь ойр байгаа гэж тайлбарласан байдаг. Цаашилбал, алслагдсан мужийн нэгж эзэлхүүн дэх жирийн үүсгүүрийн тоо ойрынхоос их байв. Энэ нь бусад мужийг бодвол цөөн үүсгүүртэй байдаг, орчлон ертөнцийн их том мужийн төвд бид оршин байна гэсэн үг. Эсвэл радио долгионууд бидэн рүү замнаж эхлэсэн өнгөрсөн үед үүсгүүрүүд одоогийнхоос хамаагүй их байсан гэсэн үг. Аль аль нь тогтонги төлөвийн онолын таамаглалтай зөрчилдөж байв. Түүнээс гадна Пензиас, Вилсон нарын 1965 онд олсон бичил-долгионы цацраг өнгөрсөн үед орчлон ертөнц их нягттай байх ёстойг бас үзүүлсэн юм. Ингээд тогтонги төлөвийн онолоос татгалзахад хүрсэн билээ.

Их тэсрэлт, иймд цаг хугацааны эхлэл байх ёстой гэдэг шийдлээс зайлсхийх өөр нэг оролдлогыг 1963 онд Зөвлөлтийн хоёр физикч Евгений Лифшиц, Исаак Халатников нар хийсэн юм. Их тэсрэлт нь эцсийн эцэст бодит орчлон ертөнцийн тухай ойролцоо тайлбар өгдөг Фридманы загваруудын онцлог гэсэн санааг тэд илэрхийлэв. Бодит орчлон ертөнцтэй бараг ижил байх бүх загвараас зөвхөн Фридманы загварт л их тэсрэлтийн онцгой цэг үүсдэг болтой. Фридманы загваруудад бүх галактик бие биеэсээ шулуун чиглэлээр л холддог. Иймд өнгөрсөн үед цагийн аль нэг агшинд тэд бүгдээрээ нэг газар байсан гэхэд гайхах зүйл гарахгүй. Гэвч бодит орчлон ертөнцөд галактикууд яг шулуунаар тархдаггүй бөгөөд тэдэнд бага зэрэг хажуу тийш шилжих хурд бас байсан. Иймд тэд бүгдээрээ яг нэг газарт, бие биедээ маш ойрхон байсан байх алба үнэндээ байхгүй. Тэгвэл тэлж буй өнөөгийн орчлон ертөнц их тэсрэлтийн онцгой цэгээс биш, харин хумилтын бүр эртний ямар нэг шатнаас эхлэсэн байж болно. Учир нь орчлон ертөнц хумигдах үед түүн дэх бүх бөөм өөр хоорондоо мөргөлдөөгүй, харин зарим нь бие биенийхээ дэргэдүүр нисэн өнгөрсөн бөгөөд үүний үр дүнд орчлон ертөнцийн өнөөгийн тэлэлт явагдаж байна. Ийм байвал бодит орчлон ертөнц их тэсрэлтээс эхэлсэн эсэхийг хэрхэн тогтоох вэ?

Фридманы загвартай ерөнхийдөө төстэй, гэхдээ бодит орчлон ертөнц дэх галактикуудын хурдны тогтмол бишь, тохиолдлын шинжийг тооцсон загваруудын судалгааг Лифшиц, Халатников хоёр хийжээ. Тэдгээр загварын галактикууд бие биеэсээ ямагт шулуунаар холддоггүй байсан ч их тэсрэлтээс үүсч болохыг тэд үзүүлэхийн хамт энэ нь бүх галактик нэг л зүй тогтлоор тархаж байх маш хязгаарлагдмал загваруудын хүрээнд л биелэх болно гэж батласан юм. Их тэсрэлтийг агуулаагүй Фридманых шиг загварууд нь түүнийг агуулсан байдаг загвараас төгсгөлгүй их байхаар байгаа тул үнэндээ их тэсрэлт байгаагүй гэж үзэх хэрэгтэй гэсэн саналыг тэд дэвшүүлжээ. Галактикууд ямар нэг онцгой зүй тогтлоор тархах албагүй ч онцгой цэгүүдийг агуулсан Фридманых шиг загварын илүү ерөнхий анги байгааг харин тэд хожуу ойлгожээ. Ингээд 1970 онд тэд өөрсдийн баталгаанаас татгалзав. Хэрэв харьцангуйн ерөнхий онол үнэн бол орчлон ертөнцөд онцгой цэг буюу их тэсрэлт байж болно гэдгийг үзүүлсэнээрээ Лифшиц, Халатников нарын ажил ач холбогдолтой байсан юм. Гэхдээ орчлон ертөнц их тэсрэлт, цаг хугацааны эхлэлтэй байх ёстой гэдгийг харьцангуйн ерөнхий онол урьдчилан хэлдэг үү? гэсэн хамгийн чухал асуултанд энэ ажил хариулт өгөөгүй байдаг. Энэ асуултын хариуг 1965 онд Английн математикч, физикч Рожер Пенроузын дэвшүүлсэн огт өөр хандлагаар олж авсан билээ. Харьцангуйн ерөнхий онол дахь гэрлийн конусын төрхийг таталцал үргэлж татах хүч байдаг гэдэгтэй нэгтгэх замаар таталцлын оронгийнхоо нөлөөгөөр хумигдаж буй од гадаргуу нь эцсийн дүндээ тэг хүртэл хумигдах мужаар хязгаарлагддаг гэдгийг тэрээр үзүүлсэн юм. Тухайн мужийн гадаргуу тэг болтлоо хумигддаг болохоор энэ нь түүний эзэлхүүнд ч бас тохиох ёстой. Одон дээрх бүх бодис тэг эзэлхүүнтэй болж, бодисын нягт орон-цагийн муруйлт төгсгөлгүй болно. Өөрөөр хэлбэл орон-цагийн ямар нэг мужид хар нүх гэгдэх онцгой цэг үүснэ. Өнгөцхөн харахад Пенроузын энэ дүгнэлт зөвхөн одонд хамаарна. Энэ нь эрт үед орчлон ертөнц бүхэлдээ их тэсрэлтийн онцгой цэгтэй байсан эсэх талаар юу ч өгүүлдэггүй юм. Пенроуз теоремоо батлах тэр үед аспирант байсан би докторын зэрэг хамгаалах сэдвээ шамдангуй хайж байлаа. Луи Геригийн өвчин гэдгээр нь хүмүүс мэддэг, "хажуугийн хатингиралт хатуурал" буюу хөдөлгөөний мэдрэлийн эсийн өвчин гэсэн оношийг надад үүнээс хоёр жилийн өмнө тавьж, ихдээ л нэг хоёр жил амьдарна гэж ойлгуулсан байв. Би диссертациа дуусгах хүртлээ амьдарна гэдэгтээ итгэхгүй байсан ийм нөхцөлд түүн дээр ажиллах онцын бодолгүй байсан. Гэвч хоёр жил өнгөрлөө, харин би дордсонгүй. Үнэндээ ажил маань бүтэмжтэй байж Жейн Вайлд нэртэй, сайхан бүсгүйтэй сүйлэв. Гэрлэхийн тулд надад ажил хэрэгтэй, харин ажилд орохын тулд докторын зэрэг хэрэгтэй байлаа.

Таталцлаас үүдсэн хумилтын нөлөөнд орсон аливаа бие эцсийн эцэст онцгой цэг үүсгэх ёстой гэдэг Пенроузын теоремыг би 1965 онд уншсан юм. Хэрэв Пенроузын теоремд цагийн чиглэлийг хумилт нь тэлэлт болон хувирахаар эсрэг тийш хандуулбал энэ теоремын нөхцлүүд өнөө цагт том хэмжээндээ Фридманы загвараар бараг зөв тодорхойлогддог орчлон ертөнцийн хувьд ч биелэх юм гэдгийг удалгүй би ойлгов. Пенроузын теорем хумигдаж буй аливаа од онцгой цэгт төгсөх ёстой гэдгийг илэрхийлдэг. Цагийг ухраасан үеийн үндэслэгээ Фридманых шиг тэлж байгаа аливаа орчлон ертөнц онцгой цэгээс эхэлсэн байх ёстой гэдгийг илэрхийлсэн юм. Математик тодорхой шалтгааны улмаас Пенроузын теорем орчлон ертөнц орон зайд төгсгөлгүй байхыг шаарддаг. Ингээд энэ теоремыг ашиглан орчлон ертөнц (орон зайд төгсгөл үгүй фридманы загвар ёсоор) эргэн хумилтанд орохгүйгээр тийм хурдан тэлж байлаа ч онцгой цэгтэй байсан байх ёстойг нотолж чадлаа.

Онцгой цэг байх ёстой гэдгийг нотолсон теоремоос дээрх шалтгааныг болон математик бусад нөхцлийг арилгах математикийн шинэ аргуудыг дараагийн хэдэн жилд нь би боловсруулсан билээ. Харьцангуйн ерөнхий онолын үнэн, орчлон ертөнцөд бидний ажиглаж байгаа шиг маш

олон бие байдаг гэдэг дээр үндэслэж их тэсрэлтийн онцгой цэг байх ёстойг төгсгөлд нь нотолсон хамтын өгүүллийг 1970 онд Пенроузтай хамтран бичсэн маань үүний үр дүн байлаа. Бидний ажил маш их эсэргүүцэлтэй тулгарсан бөгөөд тэдний заримыг нь марксист философийг баримталдагийн улмаас шинжлэх ухааны детерминизмд итгэдэг Зөвлөлтийн эрдэмтэд, заримыг нь онцгой цэгийн тухай ойлголт Эйнштейний онолын сайхныг гутааж байна гэж үзсэн хүмүүс илэрхийлсэн юм. Гэхдээ математикийн теоремтой нэг их маргаагүй. Эцсийн дүндээ ажлыг маань ерөнхийдөө хүлээн зөвшөөрсөн бөгөөд одоо бараг бүгд орчлон ертөнц их тэсрэлтийн онцгой цэгээс үүссэн гэж боддог. Төсөөлөл маань өөрчлөгдөж, дараа бидний авч үзэхчлэн орчлон ертөнц үүсэх үед үнэндээ ямарч онцгой цэг байгаагүй, квантын нөлөөг харгалзаж үзвэл онцгой цэг үгүй болно гэдэгт физикчдийг итгүүлэхийг өнөө би оролдож байгаа нь тохуутай мэт санагдаж магадгүй. Энэ бүлэгт хэдэн сая жил бүрэлдсэн орчлон ертөнцийн талаарх хүмүүний төсөөлөл хагас зуун хүрэхгүй хугацааны дотор хэрхэн өөрчлөгдөж байсныг авч үзлээ. Орчлон ертөнц тэлж байна гэсэн Хабблын нээлт агуу уудам орчлон ертөнцийн дунд манай гараг онцгой биш болохыг ойлгосон нь энэ өөрчлөлтийн эхлэл болсон юм. Туршилтын болон онолын нотолгоо олшрох тутам орчлон ертөнцөд цаг хугацааны эхлэл байх ёстой гэдэг нь улам бүр тодорхой болов. Эцэст нь үүнийг 1970 онд би Пенроузтай хамтран Эйнштейний харьцангуйн ерөнхий онолыг үндэслэн нотоллоо. Бидний нотолгоо харьцангуйн ерөнхий онол бүрэн гүйцэт биш гэдгийг үзүүлсэн юм. Учир нь харьцангуйн ерөнхий онол нь физикийн бүх онол, түүний дотор уг онол өөрөө ч орчлон ертөнцийн эхлэл дээр биелэхгүй гэж таамагладагаасаа болоод орчлон ертөнц яаж үүссэнийг бидэнд хэлж чаддагтүй юм. Гэхдээ харьцангуйн ерөнхий онол нь тусгай онол байж чадна, тиймээс онцгой цэгийн тухай теоремууд хөгжлийн маш эртний ямар нэг шатандаа орчлон ертөнцийн хэмжээ хорьдугаар зууны өөр нэгэн агуу, тусгай онол болох квант механикийн судладаг бага хэмжээний нөлөөнүүдийг үгүйсгэж болохооргүй тийм жижигхэн байсан гэдгийг үзүүлсэн билээ. Ингээд 1970-аад оны эхэнд бид орчлон ертөнцийн тухай судалгаандаа үлэмж томд хамаарах онолоос туйлын жижигт хамаарах онолд шилжихэд хүрсэн юм. Тусгай энэ хоёр онолыг таталцлын квантын онолд нэгтгэх оролдлогууд руу хандахаасаа өмнө квант механикийг эхлээд авч үзье.

Дөрөвдүгээр бүлэг

Тодорхойгүйн зарчим

Шинжлэх ухааны онолын ялангуяа таталцлын тухай Ньютоны онолын нөлөөгөөр францын эрдэмтэн Маркус де Лаплас орчлон ертөнц бол бүрэн шалтгаанцсан гэсэн саналыг XIX зууны эхэнд дэвшүүлсэн юм. Хэрэв цаг хугацааны ямар нэг агшин дахь орчлон ертөнцийн төлөв байдлын тухай бүрэн гүйцэт тайлбар мэдэгдэж байвал түүнд тохиолдож болох бүхнийг урьдаас хэлж чадах шинжлэх ухааны хуулиудын цуглуулга байх ёстой гэж тэрээр бодсон аж. Жишээлбэл цаг хугацааны ямар нэг агшин дахь нар болон гарагуудын байрлал, хурдыг мэдэж байвал цаг хугацааны дурын өөр агшин дахь Нарны Системийн төлөвийг Ньютоны хуулийн тусламжтайгаар тооцоолж чадна. Энэ тохиолдолд детерминизм тун тодорхой илэрч байгаа ч Лаплас бусад бүх зүйлд тэр дундаа хүний үйлдлийн хувьд ч ийм хуулиуд байна гэж батлан цааш явсан билээ.

Шинжлэх ухааны детерминизмийн сургаал энэ ертөнцийн амьдралд Бурхан оролцох эрхийг хязгаарлаж буйг мэдэрсэн ихэнх хүмүүс түүнийг хүчтэй эсэргүүцсэн ч энэ нь манай зууны эхэн хүртэл шинжлэх ухааны жирийн таамаглал хэвээр үлджээ. Английн физикч Жон Релэй, Жеймс Жинс нарын хийсэн тооцоо од маягийн халуун биес төгсгөлгүй хэмжээний энерги цацруулах ёстой гэдгийг илэрхийлэх үед ийм итгэл үнэмшлээс татгалзах хэрэгтэйг анх ухаарсан юм. Тэр үед баримталж байсан хуулиар халуун бие төрөл бүрийн давтамжтай (радио долгион, үзэгдэх гэрэл, эсвэл рентген цацраг гэх мэт) цахилгаан-соронзон долгионыг тэнцүү хэмжээгээр цацруулах ёстой байв. Тодруулбал, халуун бие нь секундэд хоёроос гурван саяын сая долгионы давтамжтай долгионд ч, секундэд нэгээс хоёр саяын сая долгионы давтамжтай долгионд ч тэнцүү хэмжээний энерги цацруулах ёстой байлаа. Гэтэл секунд дэх давтамжийн тоо хязгааргүй байдаг тул энэ нь цацарсан нийт энерги төгсгөлгүй байна гэсэн үг юм.

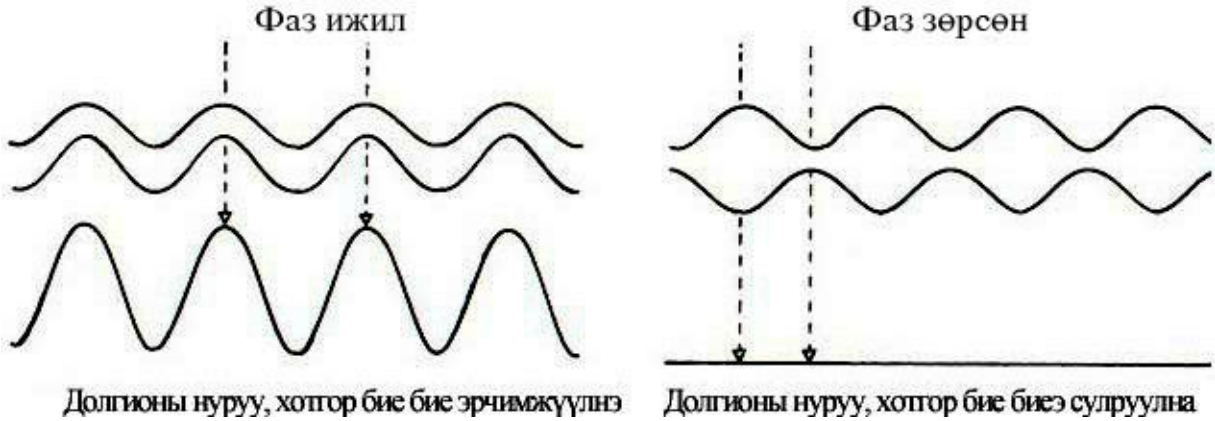
Илт утгагүй энэ дүгнэлтээс зайлсхийхийн тулд уг биеэс цацарч байгаа гэрэл, рентген туяа болон бусад долгион дурын хэмжээгээр биш, харин квант гэгдэх тодорхой багцаар л цацрах ёстой гэсэн таамаглалыг 1900 онд Германы эрдэмтэн Макс Планк дэвшүүллээ. Тэгэхдээ квант бүхэн долгионы давтамж өндөр байх тусам их байх тодорхой тооны энергитэй байна. Иймд нилээд өндөр давтамжтай нэг квант цацрахдаа байх ёстойгоос илүү энерги шаардах юм. Ингэхлээр өндөр давтамжтай цацралт үгүйсгэгдэж тухайн биеийн цацруулах энергийн хэмжээ төгсгөлөг болох юм.

Квантын таамаглал халуун биесээс гарах цацралтын ажиглагдах утгыг маш сайн тайлбарласан ч детерминизмд хамаарах мөрдөлгөө нь 1926 онд Германы өөр нэг эрдэмтэн Вернер Гейзенберг алдарт тодорхойгүйн зарчмаа томъёолох хүртэл илрээгүй байна. Бөөмийн ирээдүйн байрлал, хурдыг урьдчилан хэлэхийн тулд одоогийн байрлал, хурдыг нь нарийн хэмжсэн байх ёстой. Үүнийг гүйцэтгэх хамгийн хялбар арга нь бөөм рүү гэрэл тусгах явдал юм. Гэрлийн долгионы зарим хэсэг бөөм дээр сарнидаг бөгөөд энэ нь түүний байрлалыг тодорхойлно. Гэвч бөөмийн байрлалыг гэрлийн долгионы нуруу хоорондын зайнаас илүү нарийн тодорхойлж чадахгүй, тэгэхээр бөөмсийн байрлалыг маш нарийн тогтоохын тулд богино долгионы гэрлийг ашиглах хэрэгтэй болдог. Тэгэхдээ квантын тухай Планкийн таамаглал ёсоор дурын бага хэмжээний гэрлийг ашиглаж чадахгүй, хамгийн багадаа нэг квантыг л ашиглах ёстой. Энэ квант бөөмийг хөндөж түүний хурдыг урьдчилан хэлэхийн аргагүйгээр өөрчилдөг. Түүнээс гадна байрлалыг илүү нарийн тогтоох тутам хэрэглэгдэх гэрлийн долгионы урт улам богино болж нэг квантын энерги улам их болно. Үүнээс болж бөөмийн хурд их хэмжээгээр өөрчлөгдөнө. Өөрөөр хэлбэл

бөөмийн байрлалыг илүү нарийн тогтоохыг оролдох тутам түүний хурдыг нарийн хэмжих боломж алдагдана, эсрэгээрээ мөн л ийм байна. Бөөмийн байрлалын тодорхойгүйгээр үржүүлсэн бөөмийн хурдны тодорхойгүйг бөөмийн массаар үржүүлсэн үржвэр Планкийн тогтмол гэгдэх тодорхой тооноос бага байж болохгүйг Гейзенберг үзүүлсэн юм. Түүнчлэн энэ хязгаарлалт нь бөөмийн байрлал эсвэл хурдыг хэмжих аргаас ч, бөөмийн хэв шинжээс ч хамаарахгүй. Иймд Гейзенбергийн тодорхойгүйн зарчим манай ертөнцийн суурь, гарцаагүй шинж юм. Тодорхойгүйн зарчим ертөнцийг үзэх үзэлд маань гүнзгий үр нөлөө үлдээсэн билээ. Тавь гаруй жил өнгөрсөн ч эдгээр үр дагаварын ач холбогдлыг олон философичид ойлгоогүй, үүний эсрэг маргасаар л байна. Бүрэн шалтгаалцсан байхуйц орчлон ертөнцийн талаар шинжлэх ухааны онол бүтээх гэсэн Лапласын мөрөөдөл биелэхгүй гэдгийг тодорхойгүйн зарчим илтгэсэн юм. Учир нь орчлон ертөнцийн одоогийн төлөв байдлыг маш нарийн хэмжиж чадаагүй бол ирээдүйн үйл явдлуудыг нарийн тодорхой урьдчилан хэлж чадахгүй нь мэдээж! Орчлон ертөнцийн одоогийн төлөв байдлыг хөндөхгүйгээр ажиглаж чадах ер бусын амьтны хувьд үйл явдлыг бүрэн тодорхойлдог хуулиудын ямар нэг цуглуулга байдаг гэж төсөөлж болох ч үхэж, үрэгддэг бидний хувьд орчлон ертөнцийн талаарх ийм загварууд анхаарал төдий л татахгүй. "Оккамын тонгорог"-ийн [У.Оккам (1285-1349)-англиийн философич. "Оккамын тонгорог"-ийн зарчмын утга нь туршлагын шалгалтанд өртөхгүй ойлголтуудыг шинжлэх ухаанаас зайлуулах хэрэгтэй гэдэгт оршино.] зарчим гэгдэх хэмнэх зарчмыг ашиглан ажиглалтанд өртөхгүй байгаа бүх үндэслэлийг онолоос авч хаясан нь дээр байх. Ийм хандлагыг 1920-иод онд Вернер Гейзенберг, Эрвин Шредингер, Поль Дирак нар тодорхойгүйн зарчим дээр үндэслэсэн квант механик хэмээх шинэ онолын хүрээнд механикийг ахин томъёолохдоо баримталсан юм. Квант механикийн хүрээнд бөөмс нь ажиглалтанд өртдөггүй тус тусдаа, сайтар тодорхойлогдсон байрлал ба хурдтай байдаггүй. Харин байрлал, хурд хоёр хослосон квант төлөвт оршдог. Квант механик нь ажиглалт цор ганц тодорхой үр дүнтэй байна гэж үздэггүй. Харин эсрэгээр боломжит, янз бүрийн олон үр дүнтэй байна хэмээн үзэж, тус бүрийнх нь магадлалыг хэлж өгдөг. Өөрөөр хэлбэл нэг л замаар хөгжсөн олон тооны ижил системд адилхан хэмжилтийг хийхэд нэг тохиолдолд хэмжилтийн үр дүн А-тай, нөгөө тохиолдолд Б-тэй тэнцүү гэх мэтээр байж болохыг илрүүлнэ гэсэн үг. Барагцаалбал хэдэн тохиолдолд үр дүнгүүд А эсвэл Б-тэй тэнцүү байхыг таамаглаж болох ч, тодорхой нэг хэмжилтийн тусгай үр дүнг таамаглах боломжгүй. Иймд үл таамаглагдах буюу санамсаргүйн элементийг квант механик шинжлэх ухаанд оруулдаг. Эйнштейн өөрөө энэ үзэл баримтлалын хөгжилд ихээхэн үүрэг гүйцэтгэсэн ч түүнийг хүчтэй эсэргүүцэж байв. Квант онолд оруулсан хувь нэмрийнх нь төлөө Эйнштейнд Нобелийн шагнал хүртээж байлаа. Гэсэн хэдий ч орчлон ертөнцийг санамсаргүй тохиолдол жолооддог гэдгийг Эйнштейн хэзээ ч хүлээн зөвшөөрч байгаагүй. Түүний энэ мэдрэмж нь "Бурхан шоо орхиж тоглодоггүй" гэсэн алдарт үгэнд нь илрэлээ олжээ. Гэвч квант механик туршилттай бүрэн таарч байсан учраас бусад ихэнх эрдэмтэн түүнийг хүлээн авахдаа дуртай байлаа. Үнэндээ, квант механик тэргүүлэгч онол бөгөөд орчин үеийн бараг бүх шинжлэх ухаан, техникийн үндэс болдог юм. Түүний зарчмууд телевизор, компьютер зэрэг электрон төхөөрөмжүүдийн чухал хэсэг болох хагас дамжуулагч, интеграль схемийн ажлын үндэс, мөн түүнчлэн орчин үеийн хими, биологийн суурь болдог. Квант механикийг зохих ёсоор хараахан хэрэглээгүй байгаа, физикийн цор ганц талбар нь таталцал, орчлон ертөнцийн том хэмжээний бүтэц юм.

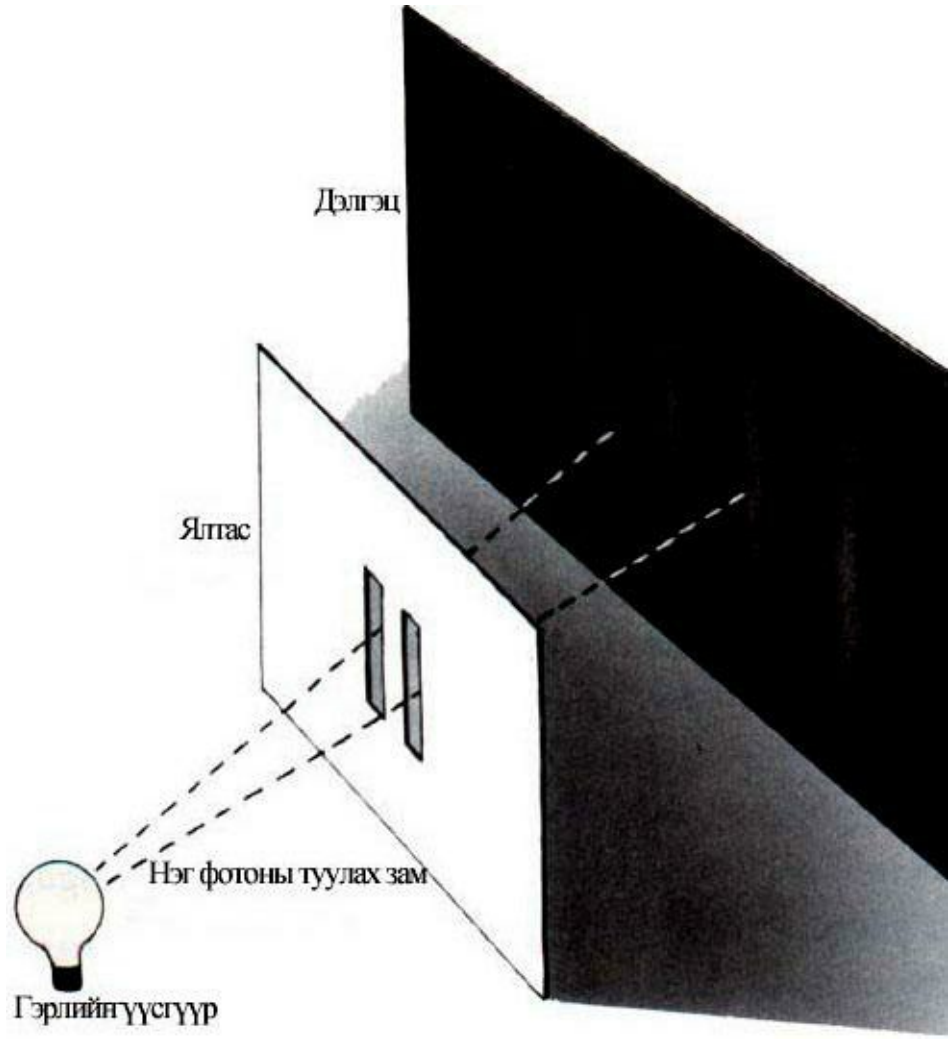
Гэрэл долгионоос тогтдог ч гэлээ зарим тохиолдолд бөөмсөөс бүрдсэн мэт байдгийг Планкийн таамаглал илэрхийлдэг. Учир нь гэрэл зөвхөн багцаар буюу квант байдлаар л цацарч, шингэдэг. Гейзенбергийн тодорхойгүйн зарчим ч бөөмс зарим тохиолдолдоо долгионтой адил байдгийг илэрхийлдэг юм. Учир нь тэд тодорхой байрлалгүй байдаг хэдий ч тодорхой магадлалт

тархалттайгаар "цацагдсан" байдаг байна. Бодит ертөнцийг бөөм, долгионы тухай ойлголтоор тодорхойлдог байсан огт өөр төрлийн математик дээр квант механикийн онол суурилсан юм. Энэ нь бөөм, долгионы ойлголтоор тодорхойлогдож болох ертөнцийн тухай ажиглалт төдий билээ. Ингээд квант механикийн хүрээнд бөөм/долгионы дуализм үүсдэг. Зарим тохиолдолд бөөмийг долгион гэж үзэх нь зохимжтой байдаг, зарим тохиолдолд долгионыг бөөм гэж үзэх нь тустай байдаг. Долгион эсвэл бөөмийн хоёр цогц хооронд интерференци хэмээх үзэгдэл үүсдэг нь үүний нэг чухал мөрдөлгөө юм. Өөрөөр хэлбэл нэг долгионы нуруу нөгөөгийнхөө хотгортой давхцаж болно. Энэ үед хоёр долгион нь бидний боддогчлон арай хүчтэй долгион болж нэмэгдэхийн оронд бие биенээ сулруулдаг байна (зураг 4.1).



зураг 4.1

Гэрлийн интерференцийн энгийн жишээ бол гол төлөв савангийн хөөсөнд ажиглагддаг солонгорсон өнгө юм. Энэ нь хөөсийг үүсгэж байгаа усны нимгэн хальсны хоёр талаас гэрэл туссаны үр дүнд үүсдэг. Цагаан гэрэл янз бүрийн урттай гэрлийн долгион буюу янз бүрийн өнгийг агуулдаг. Савангийн хөөсний нэг гадаргуугаас туссан долгионы нуруу хөөсний нөгөө гадаргуугаас туссан ижил урттай долгионы хотгортой давхцана. Долгионы энэ уртад харгалзах өнгө туссан гэрэлд байхгүй болохоор солонгорч үзэгддэг байна. Квант механикийн оруулж ирсэн дуализмаас болж бөөмст ч интерференци илэрдэг. Үүний алдартай жишээ нь хоёр нүхтэй ялтасны туршилт (зураг 4.2) юм.



зураг 4.2

Зэрэгцээ, нарийхан хоёр нүх гаргасан ялтсыг төсөөлцгөөе. Нүхтэй ялтасны наад талд ямар нэг тодорхой өнгийн (өөрөөр хэлбэл долгионы тодорхой урттай) гэрлийн үүсгүүр байрлуулъя. Ихэнх гэрэл ялтасны гадаргуу дээр тусна, гэхдээ зарим нь нүхээр нэвтэрнэ. Одоо нүхтэй ялтсын цаад талд дэлгэц байгаа гэж төсөөлье. Хоёр нүхээр гарсан гэрлийн долгионууд дэлгэцийн дурын цэгт тусах болно. Гэхдээ үүсгүүрээс гараад тухайн хоёр нүхээр дамжин дэлгэц хүртэл туулсан зай нь ерөнхийдөө ялгаатай байна. Энэ нь нүхээр гарсан долгионууд дэлгэцэн дээр ижил фазаар тусахгүй гэсэн үг. Зарим газраа тэд бие биенээ сулруулна, зарим газраа бие биенээ дэмжинэ. Үр дүнд нь дэлгэцэн дээр гэрэлтэй, харанхуй зураас хосолсон өвөрмөц дүрс үүсдэг. Яг ийм зураасууд гэрлийн үүсгүүрийг бөөмийн үүсгүүрээр жишээлбэл, тодорхой хурдтай (тухайн долгион тодорхой урттай гэсэн үг) электронуудын үүсгүүрээр солих үед үүсдэг нь гайхалтай. Зөвхөн нэг нүх байх үед ямар ч зураас үүсэхгүй, дэлгэцэн дээр электронуудын нэгэн хэвийн тархалт ажиглагддагаараа тухайн үзэгдэл бүр ч гайхалтай. Иймд ахиад нэг нүх гаргах нь дэлгэцийн цэг бүхэнд тусах электронуудын тоог зүгээр л ихэсгэчихдэг гэж бодож болохоор, гэвч интерференциэс болоод үнэндээ электронуудын тоо зарим газар багасдаг байна. Электронуудыг нүхээр нэг нэгээр нь цувуулан нэвтрүүлбэл электрон бүр нэг бол баруун, үгүй бол зүүн нүхээр нэвтрэх учраас нэг нүх байх үед дэлгэцэн дээр ажиглагддаг нэгэн хэвийн тархалтаа үүсгэнэ гэж бодож болох юм. Гэвч зураасууд нь электронуудыг нэг нэгээр нь явуулахад ч илэрч байв. Ингэхлээр электрон бүр хоёр нүхээр нэгэн зэрэг нэвтэрсэн байх учиртай! Бөөмсийн интерференцийн үзэгдэл нь хими, биологийн үндсэн нэгж, биднийг болон хүрээлэн буй бүхнийг бүтээдэг тэрхүү өчүүхэн "тоосго" болох атомуудын бүтцийг ойлгож мэдэхэд маань маш чухал нөлөө үзүүлсэн юм. Энэ зууны эхээр атомыг авч үзэхдээ нарыг гарагууд тойрон эргэдэгийн

нэгэн адил төвд байрласан эерэг цэнэгтэй цөмөө (сөрөг цэнэгтэй бөөмс болох) электронууд тойрон эргэж байдгаар төсөөлж байлаа. Нар болон гараг хоорондын таталцах хүч гарагуудыг тойрог замд нь барьж байдагчлан эерэг ба сөрөг цэнэг хоорондын таталцлын хүч электронуудыг тойрог замд нь тогтоож байдаг хэмээн бодож байв. Үүнээс улбаалж үүссэн хүндрэл нь квант механикаас өмнөх үеийн механикийн болон цахилгааны хуулиуд ийм хөдөлгөөн хийж байгаа электрон энергиэ алдаж цөм дээрээ унах хүртлээ дотогшоо мушгирч эргэнэ хэмээн урьдчилан хэлсэн явдал юм. Энэ нь атомууд, иймд бүх бодис маш их нягттай төлөв рүү даруй хумигдана гэдгийг илэрхийлж байлаа. Уг хүндрэлийн зарим шийдлийг 1913 онд Данийн эрдэмтэн Нильс Бор олсон юм. Электронууд дурын зайд биш, харин тодорхой зөвшөөрөгдсөн зайд байрласан тойрог замуудаар цөмийг тойрон эргэдэг байж болох юм гэдгийг тэрээр санал болгов. Хэрэв тийм тойрог зам бүхэнд зөвхөн нэг эсвэл хоёр электрон байж болно гэж төсөөлсөн бол атомын хумигдалтын тухай асуудал шийдэгдэх байлаа. Учир нь электронууд хамгийн бага радиус, энергитэй тойрог замыг эзлээд түүнээс дотогшоо мушгиран орж чадахгүй юм.

Энэ загвар цөмийг зөвхөн нэг электрон тойрдог хамгийн энгийн атом болох устөрөгчийн атомын бүтцийг маш сайн тайлбарласан ч зөвшөөрөгдсөн тойрог замууд илүү нарийн нийлмэл атомуудад хэрхэн хуваарилагдах нь ойлгомжгүй байсан юм. Түүнээс гадна тэд хязгаарлагдмал тоотой байх тухай санаа дэндүү зохиомол мэт харагдаж байв. Уг бэрхшээлийг квант механикийн онол шийдсэн билээ. Цөмөө тойрон эргэж байгаа электроныг хурдаасаа хамаарах урттай долгион мэтээр төсөөлөх боломжтой болсон юм. Зарим тойрог замын хувьд түүний урт нь (бутархай биш) бүхэл тоон урттай электрон долгионтой таардаг бололтой. Эдгээр тойрог замын хувьд долгионы нуруу эргэлт бүрт давхарддаг тул долгионууд нь нэмэгдэнэ. Ийм тойрог замууд Борын зөвшөөрөгдсөн тойрог замтай таарах юм. Гэвч урт нь бүхэл тоон урттай долгионтой таардаггүй тойрог замын хувьд долгионы нуруу бүхэн электронууд эргэхийн хэрээр эрт орой алин боловч долгионы хотгортой таарна. Ийм тойрог замууд зөвшөөрөгдсөн тойрог замууд байж чадахгүй.

Америкийн эрдэмтэн Ричард Фейнманы санаачилсан түүхийн нийлбэр гэгдэх арга долгион/бөөмийн дуализмыг тодорхой төсөөлөх сайхан боломж олгодог. Энэ аргын үед бөөмийг сонгодог болон квантын бус онолд үздэгчлэн орон-цагт цор ганц түүх буюу замтай гэж тооцдоггүй юм. Харин бөөм А -аас В -д боломжит бүх замаар очиж болно хэмээн үзнэ. Зам бүрт нэг нь долгионы хэмжээг, нөгөө нь мөчлөг (өөрөөр хэлбэл нуруу эсвэл хотгор) дэх байрлалыг заадаг хоёр тоо холбоотой байна А-гаас В д очих магадлалыг тэдгээр бүх замын долгионыг нэмж олдог. Зэргэлдээ хэд хэдэн замыг өөр хооронднь харьцуулбал мөчлөг дэх фаз эсвэл байрлал нь эрс ялгарна. Энэ нь тухайн замд харгалзах долгион бие биенээ бараг бүрэн сулруулна гэсэн үг. Гэвч зэргэлдээ зарим замын хувьд фазууд нь төдий л өөрчлөгддөггүй. Тэдгээр замын долгионууд сулрахгүй. Ийм замууд Борын зөвшөөрөгдсөн тойрог замтай таарна. Тодорхой математик хэлбэрээр илэрхийлэгдсэн ийм төсөөлөл дээр тулгуурлан илүү нарийн нийлмэл атомын болон нэгээс илүү цөмийг тойрон эргэдэг электронуудын ачаар холбогддог олон тооны атомаас бүтсэн молекулуудын зөвшөөрөгдсөн тойрог замуудыг ч харьцангуй хялбар тооцоолж болдог. Молекулуудын бүтэц хийгээд тэдний өөр хоорондоо холбогдох байдал хими, биологийг бүхэлд нь тодорхойлдог болохоор квант механик нь эргэн тойрондоо харж байгаа бүхнээ тодорхойгүйн зарчмын зөвшөөрсөн хязгаарын дотор, ойролцоогоор урьдчилан хэлэхийг зарчмын хувьд бидэнд зөвшөөрдөг юм. (Гэвч амьдрал дээр олон электрон агуулсан системд шаардагдах тооцоонууд нь бодогдомгүй тийм нарийн ээдрээтэй байдаг билээ.) Орчлон ертөнцийн том хэмжээний бүтцийг Эйнштейний харьцангуйн ерөнхий онол тодорхойлдог бололтой. Уг онолыг сонгодог гэж нэрлэдэг, яагаад гэвэл тэрээр бусад онолтой тохирох байдлыг зайлшгүй тооцдог квант-механикийн тодорхойгүйн зарчмыг харгалздаггүй юм. Энэ онол ажиглалттай огт зөрчилд

орохгүй байгаагийн шалтгаан нь бидний үргэлж мэдэрч байгаа таталцлын аливаа орон маш сул байдагтай холбоотой. Гэхдээ өмнө дурдсан онцгой цэгийн тухай теорем хар нүх болон их тэсрэлт гэсэн дор хаяж хоёр тохиолдолд таталцлын орон маш хүчтэй болох ёстойг үзүүлсэн билээ. Тийм хүчтэй оронд квант механикийн нөлөөнүүд чухал байх ёстой. Иймд сонгодог (өөрөөр хэлбэл квант бус) механик атомууд төгсгөлгүй нягттай болон хумигдах ёстой гэж таамагласанаараа өөрийн мөхлийг зөгнөсөн шиг харьцангуйн сонгодог ерөнхий онол төгсгөлгүй нягттай цэгүүдийг урьдчилан хэлсэн гэдэг утгаараа мөхлөө өөрөө зөгнөж байна. Харьцангуйн ерөнхий онолыг квант механиктай нийлүүлсэн бүрэн нэгдмэл онол бидэнд хараахан алга, гэхдээ түүнд байх ёстой зарим нэг шинжийг бид мэддэг болсон. Хар нүх болон их тэсрэлтийн хувьд хийж болох дүгнэлтүүдийг дараагийн бүлгүүддээ томъёолсон билээ. Харин одоо байгалийн бусад хүчний тухай бүх төсөөллийг маань нэгдмэл, нэг квант онолд оруулах гэсэн сүүлийн үеийн оролдлогуудад анхаарлаа хандуулъя.

Тавдугаар бүлэг

Бөөмс ба байгаль дахь хүчнүүд

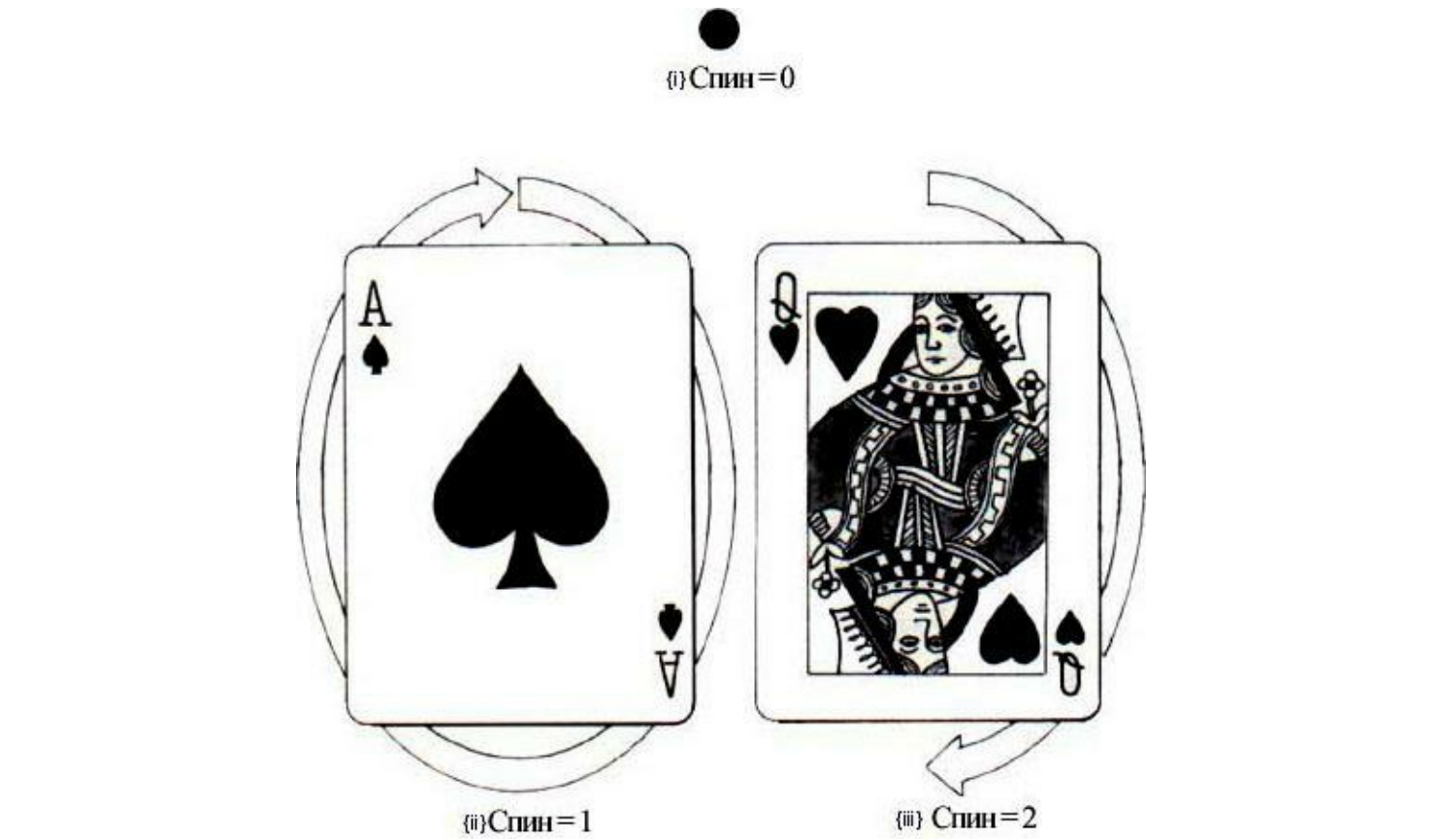
Орчлон ертөнцийн бүх бодис шороо, агаар, гал, ус гэсэн үндсэн дөрвөн махбодиос бүрддэг хэмээн Аристотель үзэж байв. Шороо, ус хоёрыг доош чангаадаг татах хүч, гал, агаар хоёрыг дээш болгодог хөөргөх хүч гэсэн хоёр хүчний нөлөөнд эдгээр махбодь өртдөг ажээ. Орчлон ертөнцийн бүрдлийг бодис, хүч хоёрт хуваасан энэ хуваалт өнөөг хүртэл хэрэглэгдэж байна. Бодис тасралтгүй, өөрөөр хэлбэл бодисын дурын хэсэг улам бага хэсгүүдэд тэхдээ цаашид хуваагдахгүй маш өчүүхэн тийм үртэс болохгүйгээр, төгсгөлгүй хуваагдаж чадна гэдэгт Аристотель итгэж байсан юм. Гэхдээ грекийн зарим философич жишээ нь Демокрит бодис уг чанараараа мөхлөг бүтэцтэй бөгөөд янз бүрийн, олон тооны атомаас (атом гэдэг грек үг нь "үл хуваагдах" гэсэн утгатай) бүх юм тогтоно гэсэн үзлийг баримталж байлаа. Маргаан аль нэг талынх нь зөвийг нотлох бодит ямарч нотолгоогүйгээр хэдэн зууныг дамнан үргэлжилсэн юм. Гэвч химийн нэгдлүүд дандаа тодорхой хувь хэмжээгээр нэгддэгийг атомууд молекул хэмээх нэгжийг үүсгэн бүлэглэдэгээр тайлбарлаж болно гэдгийг 1803 онд Английн химич, физикч Жон Дальтон үзүүлжээ. Гэхдээ манай зууны эхэн хүртэл дээрх хоёр сургаал хоорондын маргаан атомистуудад ашигтайгаар эцэслэн цшйдэгдээгүй л байлаа. Энэ маргааныг шийдвэрлэх физик нотолгооны нэгэн чухал хэсгийг Эйнштейн илрүүлсэн юм. 1905 онд, харьцангуйн тусгай онолын талаарх алдарт бүтээлээсээ хэдхэн долоо хоногийн өмнө бичсэн өгүүлэлдээ шингэн зүйлд байгаа тоосны жижигхэн бөөмсийн тогтворгүй, эмх замбараагүй, Броуны гэгдэх хөдөлгөөнийг тоосны эдгээр бөөмийг шингэний атомууд мөргөдөгөөр тайлбарлаж болно гэдгийг Эйнштейн үзүүлсэн билээ. Атомууд үл хуваагдах зүйл биш гэсэн утгатай хэд хэдэн үндэслэл тэр үед байжээ. Хэдхэн жилийн урьд Кембрижийн Тринити Коллежийн Ж.Ж.Томсон хамгийн хөнгөн атомын массаас мянга дахин бага масстай электрон гэгдэх бодисын бөөм байдгийг илрүүлсэн байв. Томсоны туршилтыш төхөөрөмж орчин үеийн зурагтны дүрсний бортогыг ихээхэн санагдуулдаг. Улайсгасан металл утас нь электрон үүсгүүрийн үүрэг гүйцэтгэсэн бөгөөд электронууд сөрөг цэнэгтэй учир фосфороор бүрсэн дэлгэц рүү тэднийг хурдлуулахын тулд цахилгаан оронг ашиглажээ. Электронууд дэлгэцэн дээр тусах үед түүн дээр оч үсэрч байлаа. Удалгүй эдгээр электрон атомоос тасарч гарсан нь тодорхой болж, 1911 онд Английн физикч Эрнест Резерфорд бодисын атомууд үнэхээр дотоод бүтэцтэйг, тэд эерэг цэнэгтэй маш өчүүхэн цөм түүнийг тойрон эргэх электронуудаас тогтдог гэдгийг бас нотолсон юм. Радио-идэвхт атомын цадруулдаг эерэг цэнэг бүхий альфа-бөөмс нь атомтай мөргөлдөх үедээ хэрхэн хазайж байгааг судлан энэ дүгнэлтэнд Резорфорд хүрчээ.

Электрон хийгээд "анхны" гэсэн утга бүхий грек үгнээс гаралтай протон гэгдэх эерэг цэнэгтэй бөөмсөөс атомын цөм тогтдог гэж эхэндээ бодоцгоож байсан юм. Учир нь протон бодисыг бүрдүүлдэг суурь хэсэг гэж тооцогддог байлаа. Гэвч цөмийн дотор протонтой бараг тэнцүү масстай, гэхдээ цахилгаан цэнэггүй нейтрон гэдэг өөр бөөмс байдгийг 1932 онд Резерфордын хамтрагч, Кембрижийн Их Сургуулийн Жеймс Чедвик илрүүлэв. Энэ нээлтийнхээ төлөө Чедвик Нобелийн шагнал хүртэн, Кембрижийн Их Сургуулийн (миний одоо ажиллаж байгаа) Конвилл-энд-Кайус коллежийн тэргүүнээр сонгогдсон юм. Хожим тэрээр хамтран зүтгэгчидтэйгээ санал зөрсний улмаас энэхүү албан тушаалаасаа татгалзахад хүрсэн билээ. Дайны дараа буцаж ирсэн хэсэг залуус ахмад албан хаагчид олон жилийн өмнөөс л хашиж байсан албан тушаалдаа байсаар байгааг эсэргүүцэх болсон үеэс эхэлсэн хэрүүл маргаан коллежид байнга явагдаж байсан ажээ. Энэ бүхэн надаас бүр өмнө болсон хэрэг, би коллежид 1965 оноос ажиллаж эхэлсэн бөгөөд тэр үед коллежийн өөр нэг тэргүүн, Нобелийн шагналт Невилл Мотт бас л огцрох хэрэгтэй болж

тэмцлийн яг төгсгөл тохиосон юм.

Хорьхон жилийн өмнө протон, нейтроныг "эгэл" бөөмс гэж үзэж байсан ч протон хийгээд их хурдтай хөдөлдөг электронуудын харилцан үйлчлэлийн талаарх туршилтууд үнэн хэрэгтээ протонууд ч бүр жижиг бөөмсөөс тогтдогийг үзүүлсэн билээ. Калифорнийн технологийн дээд сургуулийн физикч Мюррей Гелл-Манн эдгээр бөөмийг кварк гэж нэрлэв. Кваркийн судалгаагаараа Гелл-Манн 1969 онд Нобелийн шагнал хүртсэн юм. Кварк гэдэг нэр Жеймс Жойсын нэгэн шүлгийн "Мастер Маркийн гурван кварк!" гэсэн ойлгомжгүй мөрнөөс үүдэлтэй. Бодлоор нь бол, quark гэдэг үг төгсгөлийн t үсгийг нь к үсгээр сольсон quart (куорт) гэдэг үг шиг дуудагдах ёстой боловч тэр нь lark гэдэг үгтэй хэмнэл таарахаар дуудагддаг. Бидний нэрлэдэгээр u-кварк, d-кварк, хачин кварк, гоё кварк, b-кварк, t- кварк гэсэн дор хаяж зургаан "амт" бүхий хэд хэдэн төрлийн кварк бий гэж үздэг. Тодорхой "амттай" кварк бүр бас улаан, ногоон, цэнхэр гэсэн гурван "өнгөтэй" байна. (Энэ бол зүгээр л тэмдэглэгээ гэдгийг онцлох нь зүйтэй, яагаад гэвэл кваркуудын хэмжээ үзэгдэх гэрлийн долгионы уртаас хамаагүй бага, тэгэхээр үгийн ердийн утгаар тэдэнд өнгө байхгүй. Шинэ бөөмс, үзэгдлийн нэрийг грек цагаан толгойн үсгээр хязгаарлалгүй өөрийн уран зохиомжоор бодож олох нь орчин үеийн физикчдэд илүү таалагддагт л хэргийн учир оршино!) Протон, нейтрон хоёр нь янз бүрийн өнгийн гурван кваркаас тогтоно. Протонд u-кварк хоёр, d-кварк нэг, нейтронд d-кварк хоёр, u-кварк нэг агуулагдана. Бөөмс бусад (хачин, гоё, b, t) кваркаас ч тогтож болох боловч тэр бүх кварк нь арай илүү масстай бөгөөд протон, нейтрон болж маш хурдан задардаг. Атом ч, түүний дотор орших нейтрон, протон ч хуваагддаг гэдгийг бид мэдлээ, одоо тэгэхээр жинхэнэ эгэл бөөм буюу бүгдийг бүрдүүлдэг тэрхүү анхдагч тоосго нь юу вэ? гэсэн асуулт үүслээ. Гэрлийн долгионы урт атомын хэмжээнээс үнэхээр их учраас атомын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг жирийн аргаар "харах" найдвар бидэнд алга. Энэ зорилгод тун бага урттай долгион хэрэгтэй. Өмнөх бүлгээс бид квант механикийн онолоор бүх бөөм долгион шинжтэй бөгөөд бөөмийн энерги их байх тусам зохих долгионы урт нь төдий бага байдгийг мэдсэн. Иймд тавигдсан асуултанд хариулах хариу маань бидний мэдэлд байгаа бөөмсийн энерги хэр их байхаас хамаарна, учир нь бидний ажиглаж чадах бага хэмжээний урт түүгээр тодорхойлогдоно. Бөөмийн энергийг электрон-вольт хэмээх нэгжээр хэмждэг. (Томсон туршилтдаа электроныг хурдасгахын тулд цахилгаан оронг ашигласаныг бид мэднэ. Нэг вольт хэмжээний цахилгаан оронд электроны олж авах энергийг электрон-вольт гэдэг.) Шаталтын төрлийн химийн урвалаас ялгардаг хэдхэн электрон-вольт энергитэй бөөмсийг л ашиглаж чаддаг байсан арван есдүгээр зуунд атомыг бодисын хамгийн эгэл хэсэг гэж үзэж байлаа. Резерфордын туршилтанд альфа-бөөмийн энерги сая электрон-вольт хүрчээ. Тун саяханаас бид цахилгаан-соронзон орны тусламжтайгаар бөөмсийг эхлээд сая, дараа нь мянган сая электрон-вольт энергитэй болтол хурдлуулж сурсан. Ингээд хорин жилийн өмнө хамгийн эгэл гэж бидний тооцож байсан бөөмс үнэндээ бүр өчүүхэн бөөмсөөс тогтдогийг мэдсэн юм. Тэгвэл бүр их энергид шилжих үед эдгээр өчүүхэн бөөмс өөрсдөө бүр ч өчүүхэн бөөмсөөс тогтох бол уу? Энэ нь бүрэн магадлалтай нөхцөл мөн ч байгаль дээрх бүгдийг бүрдүүлсэн анхны "тоосгонууд"-ын тухай мэдээ баримтыг бид авчихсан эсвэл бараг авсан гэж үзэж болох онолын зарим үндэслэл бидэнд байна. Өмнөх бүлэгт ярилцсан бөөм/долгионы дуализмыг тооцон гэрэл, таталцлыг оролцуулан орчлон ертөнц дээрх бүх зүйлийг бөөмсийн тухай ойлголтоор тодорхойлон тайлбарлаж болно. Бөөм нь спин [спин-эргэх, тойрох гэсэн утгатай үг] хэмээх шинжтэй байдаг. Спинийг тодорхой төсөөлөх нэг арга нь бөөмийг тэнхлэгээ тойрон эргэж байгаа жижигхэн ээрүүл мэтээр төсөөлөх явдал юм. Бөөм эргэлтийн яг тодорхой тэнхлэггүй байдаг гэж квант механик үздэг болохоор ийм дүр зураг төөрөгдөлд оруулж ч мэднэ. Үнэндээ бөөмийн спин гэдэг нь бөөм янз бүрийн талаасаа ямар харагдаж болохыг бидэнд өгүүлдэг. 0 спинтэй бөөм цэгтэй төстэй бөгөөд тэр нь бүх талаасаа адил харагдана (зураг 5.1.I). 1 спинтэй бөөмийг сумаар

зүйрлүүлж болно. Тэрээр янз бүрийн талаасаа өөр өөрөөр харагдах бөгөөд бүтэн 360° градусын эргэлтийн дараа л эхний байдалдаа орно (зураг 5.1.II). 2 спинтэй бөөмийг хоёр талдаа үзүүр бүхий сумтай зүйрлүүлж болно, түүний аливаа байрлал хагас (180°) эргэлтийн дараа давтагдана. Энэчлэн их спинтэй бөөм анхны байдалдаа бүтэн эргэлтийн бүр бага хувь хэсгээр эргэн ордог. Энэ бүхэн тун илэрхий, харин бүтэн эргэлтийн дараа өмнөх төрхөө олдоггүй өөр бөөмс байдаг нь гайхмаар бөгөөд тэднийг бүтэн хоёр удаа эргүүлэх хэрэгтэй! Ийм бөөмийг 1/2 спинтэй гэдэг юм. Орчлон ертөнц дэх мэдэгдэж буй бүх бөөмийг бодисыг бүрдүүлдэг 1/2 спинтэй бөөм, бодисын бөөм хооронд үйлчлэх хүчнүүдийг бүтээдэг 0,1,2 спинтэй бөөм гэсэн хоёр бүлэг болгон хувааж болно. Бодисын бөөм Паулийн хоригийн зарчимд захирагддаг. Үүнийг 1925 онд Австрийн физикч Вольфганг Паули нээсэн бөгөөд нээлтийнхээ төлөө 1945 онд Нобелийн шагнал хүртсэн юм. Тэрээр онолын фичикч хүний сонгодог дуурайл байжээ. Учир нь ямарч хотод түүнийг байхад сорил туршилтууд гажуудах болно гэж ярьцгаадаг юм! Паулийн хоригийн зарчим ижил хоёр бөөм адил төлөвт байж чадахгүй өөрөөр хэлбэл тодорхойгүйн зарчмын оноосон тэрхүү хязгаарлалтаас болж ижил байрлал, ижил хурдтай байж чадахгүй гэж өгүүлдэг. Энэ зарчим яагаад 0, 1, 2 спинтэй бөөмсийн үүсгэдэг хүчний үйлчлэлээр бодисын бөөм маш их нягттай төлөв болон хумигддаггүйг тайлбарладаг учраас маш чухал ач холбогдолтой юм. Бодисын бөөмсийн байрлал бараг ижил байвал хурд нь ялгаатай байх ёстой, тэгэхээр тэд энэ байрлал дээрээ удаан тогтож чадахгүй гэсэн үг. Ертөнц бүрэлдэхэд хоригийн зарчим оролцоогүйсэн бол кваркууд тусгаар, нарийн тодорхой протон, нейтронуудыг үүсгэж чадахгүй байсан. Ингэсэн бол тэд электроны хамт тусгаар, нарийн тодорхой атомуудыг ч үүсгэж чадахгүй байх байлаа. Тэд бүгдээрээ нэгэн ижил өтгөн "бантан" болон хумигдах байжээ.



зураг 5.1

Кембрижийн Математикийн тэнхимийн (нэгэн цагт Ньютоны, одоо миний хашиж буй) Люкасын нэрэмжит Профессорын албан тушаалд хожим сонгогдсон Поль Дирак 1928 онд онолоо дэвшүүлэхээс өмнө электрон болон 1/2 спинтэй бусад бөөмийн тухай зөв төсөөлөл

байгаагүй юм. Диракийн онол нь квант механиктай ч, харьцангуйн тусгай онолтой ч таарсан анхны онол байв. Энэ онолд электроны спин яагаад 1/2-той тэнцүү байдгийн өөрөөр хэлбэл электрон анхны байдалдаа нэг удаагийн бүтэн эргэлтээр биш, харин хоёр бүтэн эргэлтээр ордог шалтгааныг математикийн үүднээс тайлбарласан байдаг. Электронд эсрэг-электрон буюу позитрон гэсэн хослогч байх ёстойг Диракийн онол урьдчилан хэлсэн юм. 1932 онд позитроныг нээснээр Диракийн онол батлагдаж, 1933 онд тэрээр физикийн салбарт Нобелийн шагнал хүртсэн билээ. Одоо бид бөөм бүхэн эсрэг-бөөмтэй байдгийг, тэд хоорондоо мөргөлдвөл бие биенээ үгүй хийдгийг (annihilate) мэддэг болсон. (Хүчийг зөөдөг бөөмсийн хувьд эсрэг-бөөмс нь өөрсөдтэй нь адил байдаг.) Эсрэг-бөөмөөс тогтсон бүхэл бүтэн эсрэг-ертөнц, эсрэг-хүмүүс байж болохоор. Гэхдээ өөрийнхөө эсрэгтэй тааралдаад түүнтэй гар барин мэндчилэх гэв дээ! Нүд гялбам гэрэл гялсхийж та хоёр хоёул үгүй болох нь тэр. Бидний эргэн тойронд яагаад эсрэг-бөөмөөс хамаагүй олон бөөм байдаг вэ гэдэг нь хамгийн чухал асуулт бөгөөд энэ бүлэгт түүн рүү ахин хандах болно.

Бодисын бөөмс хоорондын хүч эсвэл харилцан үйлчлэл бүхэн 0, 1, 2 гэсэн бүхэл тоон спинтэй бөөмсөөр зөөгддөг гэж квант механикт үздэг. Электрон эсвэл кварк гэх мэт бодисын бөөм хүчийг зөөдөг бөөмийг ялгаруулдаг байна. Энэ ялгаралтаас үүдэлтэй тийрэлт бөөмсийн хурдыг өөрчилдөг. Дараа нь зөөгч-бөөм бодисын өөр нэг бөөмтэй мөргөлдөн түүнд шингэн орно. Энэ мөргөлт бодисын энэхүү хоёр бөөмийн хооронд хүч үйлчилж байгаа шигээр хоёр дахь бөөмийн хурдыг өөрчилнө.

Зөөгч-бөөмс Паулийн зарчимд захирагддаггүй нь тэдний гол онцлог юм. Энэ нь солилцогдох бөөмсийн тоонд хязгаарлалт байхгүй болж үүсэх харилцан үйлчлэлийн хүч их болно гэсэн үг. Гэхдээ зөөгч-бөөмсийн масс их байвал тэдний үүсэх, хол зайд солилцох нь бэрхшээлтэй болдог. Иймд тэдний зөөж буй хүч богино үйлчлэлийн байна. Хэрэв зөөгч-бөөмс хувийн массгүй байвал хол үйлчлэлийн хүчнүүд үүсдэг. Бодисын бөөм хооронд солилцогдож байгаа зөөгч-бөөмсийг виртуаль гэж нэрлэдэг, яагаад гэвэл "бодит" бөөмсөөс ялгаатай нь тэднийг бөөм бүртгэгчээр шууд бүртгэж чаддаггүй юм. Гэхдээ хэмжиж болох нөлөөллийг виртуаль бөөмс үзүүлдэг болохоор тэдний оршин байгааг бид мэдэж чадна. Тэд бодисын бөөм хооронд үйлчилдэг хүчнүүдийг үүсгэдэг. Зарим тохиолдолд 0, 1, 2 спинтэй бөөмс бодит бөөмс шиг ч байдаг, тэр үед нь тэднийг шууд бүртгэж болно. Сонгодог физикийн үүднээс тийм бөөмс бидэнтэй гэрлийн эсвэл таталцлын долгион байдалтай тааралддаг байна. Бодисын бөөмс өөр хоорондоо виртуаль зөөгч-бөөмсийг солилцон харилцан үйлчлэх үед тэд ялгардаг байж магадгүй. (Жишээ нь, хоёр электрон хоорондын харилцан түлхэлцлийн цахилгаан хүч нь шууд бүртгэж болдоггүй виртуаль фотонууд солигдсоны үр дүнд үүсдэг. Гэхдээ электронууд бие биенийхээ дэргэдүүр зөрж өнгөрвөл гэрлийн долгион байдлаар бүртгэгдэх бодит фотонууд ялгарах боломжтой.) Зөөгч-бөөмсийг тэдний зөөж буй харилцан үйлчлэлийн хүч болон ямар бөөмстэй харилцан үйлчлэлцэж байгаагаас нь хамааруулан дөрвөн төрөлд хувааж болно. Энэ хуваалт тун зохиомол гэдгийг, тусгай онолуудыг боловсруулахад л тохиромжтой байдгаас өөр нухацтай зүйл үүнд бараг байхгүйг тэмдэглэх нь зүйтэй. Эл дөрвөн хүчийг нэг л хүчний өөр өөр төрөл гэж тайлбарлах нэгдмэл онолыг эцсийн эцэст бүтээж чадна гэдэгт ихэнх физикч итгэдэг юм. Үүнийг орчин үеийн физикийн эрхэм зорилго гэж олонхи нь хэлдэг. Энэ дөрвөн хүчний гурвыг нь нэгтгэх оролдлогыг тун саяхан амжилттай хийж дуусгасан бөгөөд энэ бүлэгт би үүний тухай өгүүлэх гэж байна. Үлдсэн нэг төрөл болох таталцлын хүчийг нэгттэх асуудлыг бид жаахан хойно авч үзнэ.

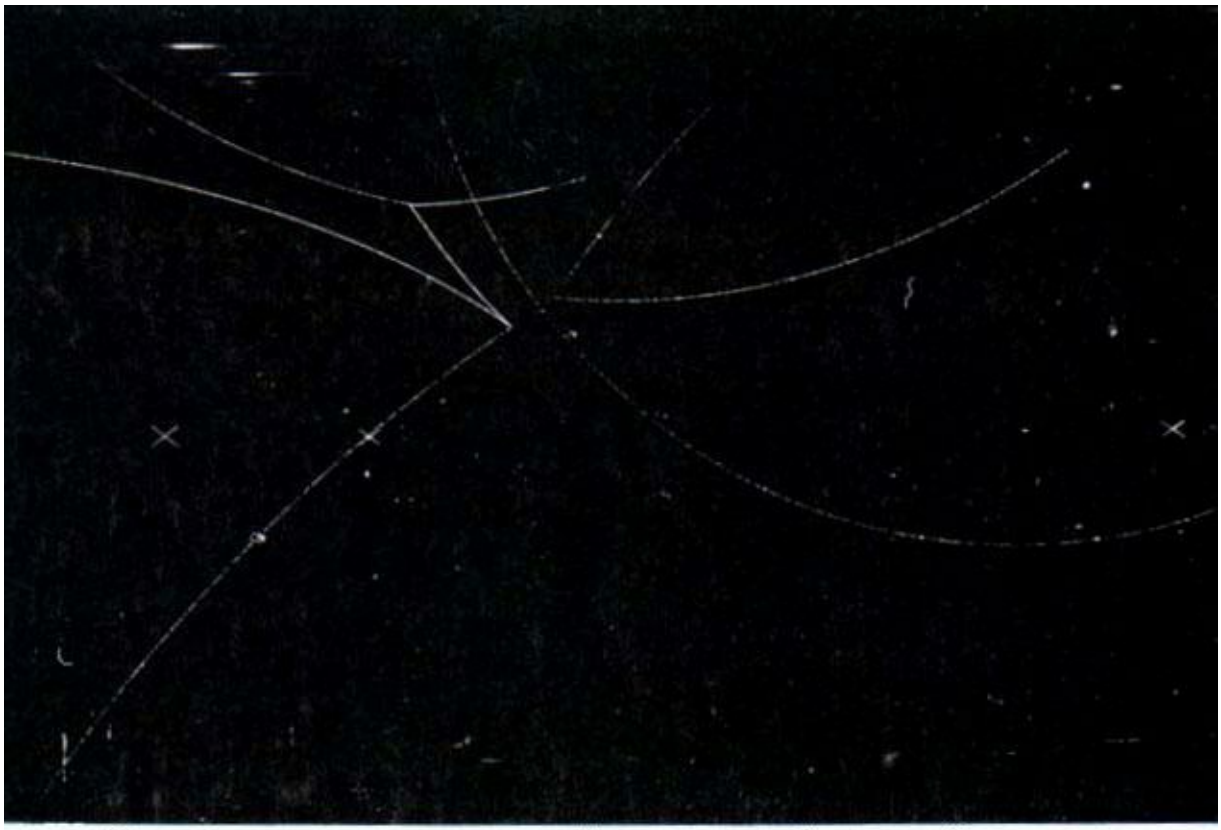
Эхлээд таталцлын хүчний тухай ярья. Таталцлын хүчнүүд түгээмэл шинжтэй, өөрөөр хэлбэл

бөөм бүхэн өөрийн масс эсвэл энергид тохирсон таталцлын хүчний нөлөөг амсдаг. Дөрвөн хүчнээс хамгийн сул нь таталцлын хүч юм. Таталцал нь хол зайд үйлчилдэг бөгөөд үргэлж татах хүч байдаг гэсэн хоёр шинжийг агуулдаггүйсэн бол бидний илрүүлж чадахгүй байсан ч байж мэдэх маш сул хүч билээ. Тэгэхээр дэлхий, нар мэтийн том биеийн тусгаар бөөмс хоорондын таталцлын маш сул хүч нийлээд маш их хүчийг үүсгэж чадна гэсэн үг. Хүчний үлдсэн гурван төрөл зөвхөн бага зайд үйлчилдэг, үгүй бол заримдаа татдаг, заримдаа түлхдэг, иймд ерөнхийдөө тэнцчихдэг. Таталцлын оронд хандах квант механик хандлага бодисын хоёр бөөм хооронд үйлчлэх таталцлын хүч нь гравитон гэгдэх 2 спинтэй бөөмөөр зөөгддөг хэмээн үздэг юм. Гравитон хувийн массгүй, иймд түүний зөөдөг хүч хол үйлчлэлийн байна. Нар, дэлхий хоорондын таталцлын хүч энэ хоёр биеийг бүрдүүлдэг бөөмс гравитонууд солилцсоноор үүсдэг. Солилцсон бөөмс нь виртуаль байдаг ч тэд хэмжилтэнд гарцаагүй өртөх нөлөөг үүсгэдэг буюу дэлхий нарыг тойрон эргэхэд хүргэдэг! Бодит гравитонууд сонгодог физикт таталцлын гэж нэрлэгддэг маш сул, иймд одоо болтол ажиглагдаагүй, бүртгэхэд бэрхшээлтэй байгаа долгионоос тогтдог байна. Хүчний дараагийн төрөл нь электрон, кварк шиг цахилгаан цэнэгтэй бөөмстэй харилцан үйлчилдэг боловч гравитон мэтийн цэнэггүй бөөмстэй үйлчлэлцдэггүй цахилгаан-соронзон хүч юм. Цахилгаан-соронзон хүч таталцлынхаас нилээд хүчтэй. Хоёр электрон хоорондын цахилгаан-соронзон хүч таталцлынхаас бараг (нэгийн ард дөчин хоёр тэгтэй) саяын саяын саяын саяын саяын саяын сая дахин их. Гэхдээ эерэг, сөрөг гэсэн хоёр төрлийн цахилгаан цэнэг байдаг. Эерэг цэнэгийн хооронд сөрөг цэнэг хоорондынх шиг түлхэлцлийн хүч үйлчилдэг, харин эерэг, сөрөг цэнэгийн хооронд таталцлын хүч үйлчилнэ. Дэлхий эсвэл нар шиг том бие бараг ижил тооны эерэг, сөрөг цэнэгтэй байдаг. Тэгэхээр бөөмс хоорондын татах, түлхэх хүч бие биетэйгээ бараг тэнцэж, цэвэр цахилгаан-соронзоны хүч тун бага үлдэнэ. Гэвч атом, молекулын хэмжээнд цахилгаан-соронзон хүч давамгайлдаг байна. Таталцлын хүчний үйлчлэлээр дэлхий нарыг тойрон эргэдэгийн нэгэн адил цөмийн хүрээнд сөрөг цэнэгтэй электрон, эерэг цэнэгтэй протон хоорондын цахилгаан-соронзон таталцлын үйлчлэлээр электронууд атомын цөмийг тойрон эргэдэг ажээ. Цахилгаан-соронзон үйлчлэлийг фотон гэгдэх 1 спинтэй, массгүй олон тооны виртуаль бөөмийн солилцлоор тесөөлдөг юм. Солилцох фотонууд бас виртуаль бөөмс байна. Гэхдээ электрон зөвшөөрөгдсөн нэг тойрог замаас цөмд ойр байрласан өөр нэг тойрог зам руу шилжих үед энерги чөлөөлөгдөн жирийн нүдэнд эсвэл фото зургийн хальс мэтийн фотон бүртгэгчид үзэгдэх гэрэл болж ажиглагдах бодит фотонууд цацардаг. Энэчлэн, бодит фотон атомтай мөргөлдөх үед электрон цөмтэй ойр нэг тойрог замаас цөмөөс арай хол өөр тойрог замд шилжих боломжтой. Фотоны энергийг шингээн авсны ачаар уг шилжилт явагддаг.

Гуравдахь төрлийн хүчийг цөмийн сул хүч гэж нэрлэдэг. Тэр нь радио-идэвхт шинжийг хангаж, 1/2 спинтэй бодисын бөөм бүхэнд үйлчилдэг боловч фотон, гравитон мэтийн 0,1,2 спинтэй бөөмст үйлчилдэггүй. Зуу орчим жилийн өмнө цахилгаан, соронзон хоёрыг Максвелл нэгтгэсэний нэгэн адил 1967 онд Лондонгийн Империад- Коллежийн Абдус Салам, Харвардын Их Сургуулийн Стивен Вайнберг нар сул хүчийг цахилгаан-соронзон хүчтэй нэгтгэсэн онолыг нэгэн зэрэг дэвшүүлэхээс өмнө цөмийн сул хүчийг төдий л мэддэггүй байлаа. Фотоноос гадна, сул хүчийг зөөдөг, хүнд вектор бозонууд гэж нэрлэгддэг, 1 спинтэй ахиад гурван бөөм байна гэсэн таамаглалыг Вайнберг, Салам хоёр дэвшүүлсэн юм. Тэрхүү бөөмсийг W (нэмэх), W (хасах), Z (Z тэг) гэж нэрлэдэг бөгөөд тус бүрийнх нь масс 100 ГэВ орчим байдаг (ГэВ нь гига-электрон-вольт буюу мянган сая электрон вольт гэдгийг тэмдэглэдэг). Вайнберг-Саламын онол тэгш хэмт чанар аяндаа алдагдах хэмээх шинжийг үзүүлсэн. Энэ нь бага энергийн үед тун ялгаатай олон тооны бөөм болж үзэгддэг ч үнэн хэрэгтээ янз бүрийн төлөвт байгаа нэг л төрлийн бөөмс юм гэдгийг илтгэдэг юм. Их энергийн үед энэ бүх бөөмийн үйлдэх байдал ижилхэн болдог. Үүнийг ховилт хүрдний (roulette wheel) бөмбөгний үйлдэлтэй зүйрлүүлж

болно. Их энергийн үед (хүрд хурдан эргэж байх үед) бөмбөг үнэн чанартаа зөвхөн нэг байдлаар буюу хүрдийг тойрон өнхөрч байдаг. Гэхдээ хүрд удаашрах үед бөмбөгний энерги багасч, эцэстээ тэрээр хүрдэн дээрх гучин долоон ховилын аль нэгэнд унадаг. Өөрөөр хэлбэл бага энергийн үед бөмбөг байрлах гучин долоон янзын төлөв байна. Хэрэв бид бөмбөгийг зөвхөн бага энергийн үед нь яагаад ч юм ажиглаж чаддагсан бол гучин долоон янзын бөмбөг байна гэж тооцох байсан! Вайнберг-Саламын онолоор 100 ГэВ-оос нилээд давсан энергийн үед тэрхүү шинэ гурван бөөм болон фотон нь ижил төрхтэй болох ёстой. Гэхдээ хэвийн ихэнх нөхцөлд илэрдэг бага энергийн үед бөөм хоорондын энэхүү тэгш хэмт чанар алдагдах учиртай аж. W(нэмэх), W(хасах), Z(тэг)-ийн зөөдөг хүч маш богино үйлчлэлийн болохоор тэдний масс их байх ёстой.Вайнберг, Салам нарыг онолоо дэвшүүлж байх үед тэдэнд итгэх нь бага байсан бөгөөд тэр үеийн хурдасгуур бодит W(нэмэх),W(хасах),Z(тэг) бөөмсийг үүсгэхэд шаардлагатай 100 ГэВ-ийн энергид хүрэх чадалгүй байв. Гэхдээ бага энергийн үед энэ онолын дэвшүүлсэн таамаглалууд арав гаруй жилийн дараа туршилтаар батлагдсан юм. Ингээд 1979 онд Вайнберг, Салам нар цахилгаан-соронзон болон цөмийн сул хүчний талаар үүнтэй төстэй нэгдмэл онол бас дэвшүүлсэн Харвардын Шелдон Глешоутай хамт Нобелийн шагнал хүртсэн билээ. Фотоны их масстай гурван хосын массын утга болон бусад шинж зөв болохыг 1983 онд ЦСЕТ-д (Женев дэх Цөмийн Судалгааны Төв) тогтоосноор Нобелийн шагналын хорооныхон алдаа хийсэн байх вий гэсэн түгшүүрээсээ ангижирсан байна. Энэ нээлтийг хийсэн олон зуун физикчдийн бүлгийг ахлаж байсан Карло Руббиа нь туршилтанд ашигласан эсрэг-бөөмийн хураагуурын төслийг зохиогч, ЦСЕТ-ийн инженер Симон ван дер Меерын хамт 1984 оны Нобелийн шагналыг хүртсэн юм. (Та оргил дээр нь гарчихаагүй л бол өнөө үед туршилтын физикт ул мөрөө үлдээхэд нэн бэрх болжээ!) Цөмийн хүчтэй харилцан үйлчлэл нь протон, нейтроны дотор кваркийг, харин атомын цөмийн дотор протон, нейтроныг тогтоон барьж байдаг дөрөв дэх төрлийн хүч юм. Зөвхөн өөр хоорондоо болон кварктай харилцан үйлчлэлцдэг глюон гэгдэх, 1 спинтэй өөр нэг бөөм энэ хүчийг зөөдөг гэж үздэг. Цөмийн хүчтэй харилцан үйлчлэлд конфайнмент гэдэг онцгой нэг шинж байдаг юм. Конфайнментаас болж бөөмс ямагт өнгөгүй хослол үүсгэн тогтдог. Кварк дангаараа байхдаа (улаан, ногоон эсвэл хөх) өнгөтэй байх ёстой болохоор тэд ганц нэгээрээ оршин байж чадахгүй. Иймд улаан кварк глюонон "утас" (string)-аар ногоон болон хөхтэй нэгдсэн байх ёстой (улаан+ногоон+хөх=цагаан). Ийм гурвал протон эсвэл нейтронд ч илэрнэ. Өөр нэг боломж бол кварк, эсрэг-кварк хоёрын хослол юм (улаан+улааны эсрэг, эсвэл ногоон+ногооны эсрэг, эсвэл хөх+хөхийн эсрэг=цагаан). Ийм хослолууд мезон гэгдэх бөөмсийг бий болгодог ч эдгээр бөөм кварк, эсрэг-кварк хоёр нь электрон болон бусад бөөмийг үүсгээд бие биенээ үгүй хийдэгээс болоод тогтворгүй байдаг. Үүнчлэн конфайнментаас болж нэг глюон дангаараа оршиж чадахгүй, яагаад гэвэл глюонууд бас өнгөтэй байдаг. Ингэхлээр глюонууд өнгө нь нийлээд цагаан өнгийг үүсгэхээр цогцлох ёстой. Глюоны энэхүү цогцлол глюбол хэмээх тогтворгүй бөөмийг үүсгэдэг.

Конфайнментаас болоод салангид кварк эсвэл глюоныг бид ажиглаж чаддаггүй нь кварк, глюон хэмээх бөөмсийн тухай төсөөлөл ямар нэг утгаар хийсвэр болохыг харуулж магадгүй. Гэхдээ кварк, глюоны тухай ойлголтыг бүрэн тодорхой болгодог, бараг чөлөөт байдал хэмээх өөр нэг шинж цөмийн хүчтэй харилцан үйлчлэлд байдаг. Жирийн энергийн нөхцөлд хүчтэй харилцан үйлчлэл үнэхээр хүчтэй байж, кваркуудыг өөр хооронд нь хүчтэй холбож байдаг ажээ. Гэхдээ хүчтэй хурдасгуур дээр хийсэн туршилтуудын үзүүлсэнээр бол их энергийн үед хүчтэй харилцан үйлчлэл нь мэдэгдэхүйц суларч, кварк, глюонууд бараг чөлөөт бөөмс шиг болдог байна. 5.2-р зурагт их энергитэй протон, эсрэг-протон хоёрын мөргөлдөөний фото-зургийг үзүүлжээ. Бараг чөлөөтэй хэд хэдэн кваркууд бий болж, зурган дээр харагдаж байгаа тойрог маягийн "хэлхээг" үүсгэсэн байна.



Протон, антипротонууд өндөр энергитэйгээр мөргөлдөж бараг чөлөөт 2 кваркыг үүсгэнэ

зураг 5.2

Цахилгаан-соронзон болон сул хүчнүүдийг амжилттай нэгтгэсэн нь энэ хоёр хүчийг цөмийн хүчтэй харилцан үйлчлэлийн хамт их нэгдлийн гэгдэх онол (буюу ИНО)-д нэгтгэх нилээд хэдэн оролдлогыг төрүүлсэн юм. Үр дүнд нь бий болсон онолууд тийм ч агуу их бишийн дээр таталцлын хүчийг багтаагаагүй болохоор бүх хүчийг бүрэн нэгтгэж чадаагүй юм. Иймд дээрх нэрэнд хэтрүүлэл нилээд бий. Түүнээс гадна онолоор таамаглаж болохгүй, харин туршилтын үр дүнтэй тааруулан сонгох учиртай хэд хэдэн хэмжигдэхүүнийг агуулдаг учраас энэ бүх онол үнэндээ бүрэн гүйцэт биш билээ. Гэлээ гэхдээ тэд бүрэн, гүйцэт нэгдмэл онолд нэг алхам болж магадгүй. ИНО-ын үндсэн санаа дараах зүйлд оршино. Түрүүн дурдсанчлан цөмийн хүчтэй харилцан үйлчлэл их энергийн үед сулардаг. Үүний эсрэгээр бараг чөлөөт биш цахилгаан-соронзон болон цөмийн сул хүчнүүд их энергийн үед нэмэгддэг. Их нэгдлийн хэмээх маш их энергийн үед энэ гурван хүч нь хүч чадлынхаа хувьд ижил болж, нэг л хүчний жирийн нэг төрлүүд болж хувирна. Энэ энергийн үед кварк, электрон мэтийн 1/2 спинтэй бодисын янз бүрийн бөөм ялгагдахаа бас больж, өөр нэг нэгдэл боломжтой болно гэж ИНО таамагладаг юм.

Их нэгдлийн энергийн утга тийм ч тодорхой биш гэлээ наанадаж мянган саяын сая ГэВ байх ёстой ажээ. Орчин үеийн хурдасгуурт бөөмс нэг зуун ГэВ орчим энергитэйгээр мөргөлддөг. Харин одоо төлөвлөгдөж байгаа машин үүнийг хэдэн мянган ГэВ хүртэл өсгөх бололтой. Гэхдээ бөөмсийг их нэгдлийн энерги хүртэл хурдасгах чадалтай машин нь Нарны Системийн дайтай том байх ёстой агаад эдийн засгийн өнөөдрийн нөхцөл байдалд үүнийг санхүүжүүлж чадах нь юу л бол. Иймээс их нэгдлийн онолыг лабораторид шууд шалгах боломжгүй. Гэхдээ цахилгаан-соронзон-сул хүчний нэгдмэл онолынх шиг шалгаж болох бага-энергийн үеийн үр дүнгүүд байдаг.

Тэдгээрээс хамгийн сонирхолтой нь жирийн бодисын массын ихэнх хэсгийг бүрдүүлдэг протонууд эсрэг- электрон мэтийн илүү хөнгөн бөөм болон аяндаа задарч чадна гэсэн таамаглал

юм. Үүнийг боломжтой гэж үзэх шалтгаан нь их нэгдлийн энергийн үед кварк, эсрэг-электрон хоёр онцын ялгаагүй болдогт оршино. Протоны доторх гурван кварк нь эсрэг-электрон болон хувирах хангалттай тооны энергитэй байдаггүй боловч тодорхойгүйн зарчим протоны доторх кваркуудын энерги яг тогтвортой байх боломжгүйг хэлдэг учраас кварк нь энэ хувиралтанд хүрэлцэх энергийг нэг удаа тун санамсаргүйгээр олж авч болно. Тэр үед протон задрах ажээ. Кварк хангалттай энергитэй болох магадлал нь хэн нэгэн үүнийг наанадаж саяын саяын саяын саяын сая (нэгийн ард гучин тэгтэй) жил хүлээхээр тийм бага юм. Энэ нь их тэсрэлтийн агшинаас хойш өнгөрсөн дор хаяж арван мянган сая (нэгийн ард арван тэгтэй) жилээс хамаагүй их байна. Эндээс протон аяндаа задрах боломжийг туршилтаар шалгаж болохгүй гэж бодож болно. Гэхдээ протоны задралыг бүртгэх магадлалыг маш их протоныг агуулсан тун их бодисыг ажиглан нэмэгдүүлж болох юм. (Жишээ нь, нэгийн ард гучин нэгэн тэгтэй тэнцүү тооны протоныг нэг жилийн турш ажиглан их нэгдлийн хамгийн энгийн нэгэн онол ёсоор протоны нэгээс илүү задралыг илрүүлэх найдвар бий.) Тийм хэд хэдэн туршилт хийгдсэн ч протон эсвэл нейтроны задралын талаар тодорхой мэдээллийг өгөөгүй байдаг. Найман мянган тонн ус ашигласан туршилтыг (протоны задралаар сансрын цацрагийн үүсгэж болох бэрхшээлээс зайлсхийхийн тулд) Огайо мужийн давсны уурхайд явуулжээ. Туршилтын хугацаанд протоны аяндаа үүссэн нэг ч задрал тэмдэглэгдээгүй болохоор протоны амьдралын хугацааг арван саяын саяын саяын саяын сая (нэгийн ард гучин тэгтэй) жилээс илүү байх ёстой гэж тооцоолж болно. Энэ нь их нэгдлийн хамгийн энгийн онолын таамагладаг хугацаанаас их байгаа боловч үүнээс илүү хугацааг таамагладаг бүр нарийн тодорхой онолууд ч бий. Маш их хэмжээний бодисийг авч үзсэн нарийн туршилтууд байдаг ч тэднийг шалгах хэрэгтэй юм.Протоны аяндаа үүсэх задралыг ажиглахад бэрхшээл байгаа ч бидний оршин байхуй үүний тонгоруу үйл явцын үр дүн, протон эсвэл хамгийн багадаа кваркийн бүтээгдэхүүн байж болох ба кварк эсрэг-кваркаасаа олон байгаагүй анхдагч төлөвөөс орчлон ертөнц хөгжиж эхэлсэн гэж төсөөлөх нь хамгийн зүй ёсны байдаг. Кваркуудаас тогтох протон, нейтронуудаас дэлхий дээрх бодис голчлон бүрддэг. Том хурдасгуурын тусламжтай гаргаж авсан хэдхэн ширхэгийг эс тооцвол эсрэг-кваркаас тогтсон эсрэг-протон эсвэл эсрэг-нейтрон гэж дэлхийд байхгүй. Манай галактикийн бүх бодис мөн адил ийм байдгийг сансрын цацрагийн туршилтууд нотлодог. Их энерги бүхий мөргөлдөөний үед бөөм/эсрэг-бөөмийн хосд үүсдэг хэдхэн тооны эсрэг- бөөмийг эс тооцвол эсрэг-протон эсвэл эсрэг-нейтрон гэж галактикт байхгүй. Хэрэв манай галактикт эсрэг-бодис бүхий том муж байсан бол энэхүү муж болон бодис бүхий өөр нэг муж хоёрын зааг дээр бөөмс эсрэг-бөөмстэй мөргөлдөн устаж, их энергитэй цацраг ялгаруулсанаас үүдсэн маш их хэмжээний цацрагийг ажиглаж болохоор байлаа.

Бусад галактикийн бодис протон, нейтроноос тогтдог уу эсвэл эсрэг-протон, эсрэг-нейтроноос тогтдог уу гэдгийг бид шууд хэлж чадахгүй байгаа, гэхдээ тэр нь аль нэгээс нь л тогтох ёстой. Нэг галактикийн дотор бөөм, эсрэг-бөөм хоёрын холимог байж чадахгүй, учир нь тийм тохиолдолд бөөм эсрэг-бөөм харилцан мөргөлдөж бие биенээ үгүй хийснээс үүдэх маш их цацрагийг мөн л ажиглаж болох юм. Иймд бид бүх галактик эсрэг-кваркаас биш, харин кваркаас тогтдог гэж үзэж байна. Зарим галактик бодисоос, зарим галактик эсрэг-бодисоос тогтох нь юу л бол. Яагаад кварк эсрэг-кваркаас хамаагүй их байх ёстой вэ? Яагаад тэд тэнцүү тооны байдаггүй вэ? Тэнцүү биш байдаг нь бидний хувьд азтай хэрэг, яагаад гэвэл тэд тэнцүү байсансан бол бараг бүх кварк, эсрэг-кварк орчлон ертөнцийн балчир ахуй насанд өөр хоорондоо мөргөлдөн харилцан үгүй болж, цацрагаар дүүрсэн, гэхдээ ямар ч бодисгүй орчлон ертөнцийг үлдээх байсан юм. Тэгээд галактик ч, од ч, хүмүүний амьдрал цэцэглэж болохоор гараг ч үгүй байх байлаа. Орчлон ертөнц тэнцүү тооны кварк, эсрэг-кварктай үүссэн байлаа ч өнөөдөр орчлон ертөнцөд кварк яагаад эсрэг- кваркаас олон байх ёстойг их нэгдлийн онолоор тайлбарлаж болно.

Түрүүн бидний үзсэнээр, кварк их энергийн үед эсрэг-электронууд болж хувирахыг ИНО зөвшөөрдөг. Эсрэг-кваркууд электрон болж, харин электрон, эсрэг-электрон нь эсрэг-кварк, кварк болж хувирах урвуу үйл явцыг ч бас зөвшөөрдөг. Маш эрт үеийн орчлон ертөнц нь эдгээр хувирал явагдахад хүрэлцэх их энергийг бөөмс агуулсан байхаар тийм халуун байжээ. Гэвч яагаад кваркууд эсрэг- кваркаас олон болчихов оо? Учир нь физикийн хуулиуд бөөм, эсрэг-бөөм хоёрт яг адилаар үйлчилдэггүйд оршино.

Физикийн хуулиуд С, Р, Т гэсэн тусдаа гурван тэгш хэм бүрт биелдэг хэмээн 1956 оноос өмнө үзэж байсан юм. С тэгш хэм нь бүх хууль бөөм, эсрэг-бөөмийн хувьд адил гэдгийг илэрхийлдэг. Р тэгш хэм нь физикийн хууль аливаа үзэгдэл, түүний толин тусгал хоёрын хувьд (нар зөв эргэж байгаа бөөмийн толин тусгал нь нар буруу эргэж байгаа бөөм байна) адил гэдгийг тэмдэглэдэг. Т тэгш хэмийн утга нь бүх бөөм болон эсрэг-бөөмийн хөдөлгөөний чиглэлийг эсрэгээр өөрчлөхөд тухайн систем өмнөх төлөв рүүгээ ухардаг гэдэгт оршино, өөрөөр хэлбэл хуулиуд цагийн урагшилсан эсвэл ухарсан хөдөлгөөнд ижил байна гэсэн үг. 1956 онд Америкийн Цун-Дао Ли, Чень Нин Янг хэмээх хоёр физикч сул хүч үнэндээ Р тэгш хэмийг зөрчдөг гэсэн таамаглал дэвшүүлэв. Өөрөөр хэлбэл сул харилцан үйлчлэлийн үр дүнд орчлон ертөнцийн хөгжил толин тусгалынхаасаа өөрөөр явагдах аж. Мөн онд Ли, Янг хоёрын хамтрагч Цинь-Шиюнг Ву тэдний таамаглал зөв болохыг нотолжээ. Радио-идэвхт атомуудын цөмийг соронзон оронд нэгэн зүгт эргэж байхаар өрөөд, электронууд нэг чигт бусдаасаа их цацарч байгааг тэр эмэгтэй үзүүлсэн юм. Хойтон жил нь нээлтийнхээ төлөө Ли, Янг хоёр Нобелийн шагнал хүртлээ. Сул хүч С тэгш хэмд захирагддаггүй нь бас илрэв. Өөрөөр хэлбэл эсрэг-бөөмөөс тогтсон орчлон ертөнц манайхаас өөр байх ажээ. Хэдий ийм ч сул хүч СР хосолсон тэгш хэмд захирагдах ёстой, тодруулбал хэрэв орчлон ертөнцийг толинд тусгаад бөөмийг нь эсрэг-бөөмөөр соливол одоогийнтой адилаар хөгжих ёстой гэж бүгд бодож байлаа! Гэвч 1964 онд Америкийн өөр хоёр эрдэмтэн Жеймс Кронин, Вел Фитч нар К-мезон гэдэг бөөмийн задралаар СР тэгш хэм ч алдагддагийг илрүүлэв. Хожим 1980 онд Кронин, Фитч нар энэ ажлаараа Нобелийн шагнал хүртсэн юм. (Орчлон ертөнц бидний бодож байсан шиг энгийн биш гэдгийг үзүүлсэн ажлуудад олгосон шагналын тоо яасан их юм бэ!) Квант механик, харьцангуйн онолд захирагддаг аливаа онол СРТ хосолсон тэгш хэмд ямагт хүчинтэй байна гэдгийг баталсан математикийн теорем байдаг. Өөрөөр хэлбэл бөөмийг эсрэг- бөөмөөр солин, толинд тусгаад, цагийн чиглэлийг эсрэгээр өөрчлөхөд орчлон ертөнцийн төлөв хэвээр байх аж. Харин Кронин, Фитч нар хэрэв бөөмийг эсрэг-бөөмөөр сольж, толин тусгалыг нь үүсгээд, гэхдээ цагийн чиглэлийг эсрэгээр өөрчлөөгүй байхад орчлон ертөнц өөрийгөө ондоогоор авч явна гэдгийг үзүүлсэн юм. Иймд цагийн чиглэл ухрахад физикийн хуулиуд өөрчлөгдөх ёстой өөрөөр хэлбэл тэд Т тэгш хэмийг зөрчинө. Эртний орчлон ертөнц Т тэгш хэмийг зөрчинө гэдэг нь тодорхой юм, учир нь цаг хугацаа урагшилж байхад орчлон ертөнц тэлж байна, харин цаг ухарвал орчлон ертөнц хумигдах юм. Гэтэл Т тэгш хэмийг зөрчдөг хүчнүүд байдаг тул орчлон ертөнц тэлж байхад эдгээр хүчний нөлөөгөөр эсрэг-электрон кваркт шилжих нь электрон эсрэг-кваркт шилжихээс их байх ёстой гэж эндээс мөрдөн гарна. Тэгээд орчлон ертөнц тэлээд хөрөх үед эсрэг-кваркууд нь кваркуудтай мөргөлдөн харилцан үгүй болж, гэхдээ кваркууд эсрэг-кваркаас их байсан тул кваркууд жаахан илүү үлдэхээр юм. Эд нар л бидний өнөө харж байгаа бодис хийгээд бид бүхнийг бүрдүүлсэн чухам тэр кваркууд мөн. Иймд бидний оршин байгааг их нэгдлийн онолуудын баталгаа гэж гэхдээ чанарын баталгаа гэж үзэж болно. Мөргөлдөн харилдан үгүй болсоны дараа хичнээн кварк үлдэхийг эсвэл үлдсэн нь кварк байх уу эсрэг-кварк байх уу гэдгийг таамаглаж чаддаггүйгээс олон олон тодорхойгүй зүйл үүсч байгаа юм. (Эсрэг-кваркууд илүү үлдсэн байхад бид тэднийг кварк гэж, харин кваркийг нь эсрэг-кварк гэж зүгээр л солиод нэрлэчихсэн ч байж магад).

Их нэгдлийн онол таталцлын хүчийг багтаагаагүй байдаг. Таталцал нь энгийн бөөм эсвэл атомыг судлаж байхдаа нөлөөг нь хайхрахгүй орхиж болохоор тийм сул байдаг болохоор энэ нь тийм ч чухал биш. Гэвч таталцлын хүчнүүд хол үйлчлэлийн байдгаас гадна ямагт татах хүч байдаг гэсэн баримт тэдний нөлөө ямагт нэмэгддэгийг илэрхийлдэг. Иймд бодисын хангалттай олон тооны бөөм байвал таталцлын хүч бусад хүчнээс давуу болж чадна. Чухам иймээс орчлон ертөнцийн хувьсалыг таталцал тодорхойлдог ажээ. Одны дайтай биетийн хувьд ч таталцал нь бусад бүх хүчнээс давуу байж, од хумигдахад хүргэнэ. 1970-аад оны ажлууд маань од орчмын таталцлын хүчтэй оронгийн нөлөөгөөр үүсэх ийм хумилтын үр дүнд бий болох хар нүхний тухай асуудал дээр төвлөрч байлаа. Чухамхүү энэ ажлын явцад квант механик, харьцангуйн ерөнхий онол хоёр бие биедээ хэрхэн нөлөөлж болох тухай анхны таамаглалууд буюу хараахан бүрэлдэж гүйцээгүй квант онолын анхны дүр зургууд надад бий болсон юм.

Зургадугаар бүлэг

Хар нүх

"Хар нүх" хэмээх нэр томъёо тун саяхан бий болсон билээ. Түүнийг 1969 онд Америкийн эрдэмтэн Жон Уилер наанадаж хоёр зууны өмнө хөтлөн аваачих төсөөллийн зүйр илэрхийлэл болгон эргэлтэнд оруулсан юм. Тэр нэгэн цагт гэрлийн тухай хоёр онол байжээ. Ньютоны баримталж байсан эхний онолд гэрлийг бөөмсөөс тогтдог гэж үздэг бол нөгөө онолд нь гэрлийг долгионоос тогтдог хэмээн үздэг байв. Өнөөдөр бид хоёулангийнх нь зөв гэдгийг мэддэг болсон. Квант механикийн бөөм/долгионы дуализмын зарчим ёсоор гэрлийг бөөм гэж ч, долгион гэж ч үзэж болно. Гэрэл долгионоос тогтдог гэсэн онолын хувьд түүнд таталцал хэрхэн үйлчлэх нь ойлгомжгүй байлаа. Хэрэв гэрэл нь бөөмсөөс тогтдог бол түүнд таталцал их бууны сум, пуужин, гарагуудад нөлөөлдөг шигээ нөлөөлнө гэж үзэж болно. Эхэндээ эрдэмтэд гэрлийн бөөмс төгсгөлгүй хурдтай тархдаг, тэгэхээр таталцал тэднийг удаашруулж чадахгүй гэж тооцоолж байсан ч Рёмер гэрлийн хурд төгсгөлөг болохыг тогтоосон нь таталцлын нөлөө чухал байх ёстойг тодорхой болгов. Үүнийг үндэс болгон Кембрижийн багш Жон Мичелл 1783 онд "Лондонгийн Вангийн нийгэмлэгийнхэний философийн бүтээлүүд" хэмээх сэтгүүлд их масстай од нь гэрэл түүний хязгаараас гарч чадахгүй тийм хүчтэй таталцлын оронтой байх ёстой гэдгийг үзүүлсэн бүтээлээ толилуулжээ. Тийм одны гадаргуугаас цацарсан гэрлийн аливаа цацраг түүнээс тасарч амжилгүй эргэн татагдах болно. Ийм од маш олон байж болно хэмээн Мичелл үзжээ. Гэрэл нь бидэнд ирдэггүйгээс тэднийг харж чадахгүй ч гэсэн таталцлын хүчийг нь ямартаа ч мэдрэх ёстой. Тэд огторгуй дахь гүн харанхуй цооног учраас ийм биесийг өнөөдөр хар нүх гэж нэрлэдэг. Мичеллээс хойш хэдхэн жилийн дараа францын эрдэмтэн Лаплас магадгүй түүнээс үл хамааран ийм таамаглалыг дэвшүүлсэн байна. Лаплас үүнийгээ "Ертөнцийн тогтолцоо" номынхоо нэг, хоёрдугаар хэвлэлд оруулсан ч бүр хожмын хэвлэлтээс хассан байдаг нь нилээд сонирхолтой, магадгүй тэр үүнийг утгагүй санаа гэж үзсэн байх. (Түүнчлэн гэрлийг бөөм гэж үздэг онол XIX зууны үед нэр хүндээ алдсан байлаа. Бүх үзэгдлийг долгионы онолын тусламжтайгаар тайлбарлаж болох мэт санагдах болсон ч түүний хүрээнд гэрэлд үзүүлэх таталцлын хүчний нөлөө маш ойлгомжгүй байв.) Үнэндээ гэрлийн хурд тогтмол учраас түүнийг таталцлын тухай Ньютоны онол дахь их бууны сум шиг үзэх нь зохимжгүй юм. (Газрын гадаргаас тасран дээш ниссэн их бууны сум таталцлаас болоод нисэх нь удааширч, улмаар зогсож, дараа нь унаж эхэлнэ. Фотон л тогтмол хурдтайгаар дээшлэх хөдөлгөөнөө үргэлжлүүлэх ёстой. Тэгвэл Ньютоны таталцал гэрэлд хэрхэн нөлөөлж чадах вэ?) Гэрэлд таталцал хэрхэн нөлөөлдөгийг авч үзсэн зохист онол 1915 онд Эйнштейн харьцангуйн ерөнхий онолоо дэвшүүлэх хүртэл байсангүй. Гэлээ ч гэсэн масс ихтэй оддын талаар ямар дүгнэлтүүд энэ онолоос урган гардагийг ойлгох хүртэл олон жил өнгөрсөн юм.

Хар нүх хэрхэн үүсдэгийг ойлгохын тулд оддын амьдралын мөчлөг ямар байдгийг ойлгох хэрэгтэй. Их хэмжээний (үндсэндээ ус төрөгчийн) хий өөрийн таталцлын хүчнээс болж аяндаа хумигдаж эхлэхэд од үүсдэг. Хумигдах явцдаа хийн атомууд улам хурдтай болж бие биетэйгээ улам их мөргөлдөнө. Эцэст нь хий халж, улмаар устөрөгчийн атомууд бие биеэсээ зайлахын оронд гелий үүсгэн нэгдэхээр халуун болдог ажээ. Устөрөгчийн бөмбөгний тэсрэлтийг санагдуулахуйц энэ урвалаас ялгарсан дулааны ачаар од гэрэлтдэг байна. Мөн түүнчлэн энэ нэмэлт дулаан хийн даралтыг таталцалтай тэнцүү болтол нэмэгдүүлж, хий хумигдахаа больдог. Энэ нь үлээсэн бөмбөлөгийг том болгохыг эрмэлзэж буй бөмбөлөг доторх агаарын даралт хийгээд түүнийг буцааж багасгахыг эрмэлзэх эрээний суналт хоорондын тэнцвэрт орсон бөмбөлөгийг ихээхэн санагдуулна. Үүний адилаар цөмийн урвалаас ялгарсан дулаан нь

таталцалтай тэнцсэн энэхүү тогтворт төлөвт одод удаан тогтнох болно. Гэхдээ эцсийн эцэст одод устөрөгч хийгээд цөмийн бусад төрлийн түлшээ дуусдаг. Хичнээн гаж ч гэлээ одны түлшний анхны нөөц их байх тусмаа хурдан барагдана, яагаад гэвэл таталцлын төлөөсөнд одод их масстай байх тусмаа төдий хүчтэй халах хэрэгтэй болдог юм. Тэгэхээр одод халуун байх тусмаа түлшээ төдий хурдан зарцуулна. Манай нар ахиад таван мянган сая орчим жилийн түлшний нөөцтэй, гэхдээ илүү хүнд одод бүх түлшээ зуун сая жилийн дотор өөрөөр хэлбэл орчлон ертөнцийн нас сүүдрээс хамаагүй бага хугацааны дотор өрдөөд дууссан. Түлшээ бараад одод хөрч, хумигдаж эхэлдэг. Харин дараа нь түүнтэй юу тохиолдох ёстойг 1920-иод оны эцэст л ойлгосон билээ.

1928 онд Энэтхэгийн аспирант Субраманьян Чандрасекар харьцангуйн ерөнхий онолын мэрэгжилтэн, Английн эрдэмтэн, одон орон судлаач Артур Эддингтоны багц сургалтыг дүүргэхийн тулд Англи руу усан онгоцоор аялсан байна. (Ертөнцөд харьцангуйн ерөнхий онолыг ойлгодог гуравхан хүн байдаг гэж сонссоноо 1920-иод оны эхээр нэгэн сэтгүүлч Эддингтонд ярьжээ. Эддингтон хэсэг чимээгүй байснаа "Гуравдахь нь хэн юм бол оо? гэж бодож байна" хэмээн хариулсан гэдэг.) Түлшээ бүгдий нь зарцуулж дуусаад таталцлынхаа нөлөөг эсэргүүцсээр байхын тулд одод ямар хэмжээтэй байх ёстойг Чандрасекар Энэтхэгээс эхэлсэн аялалынхаа туршид тооцоолсон байна. Тэрээр ийн боджээ. Од багасах үед бодисын бөөмс бие биедээ маш их ойртдог, тэгээд Паулийн хоригийн зарчим ёсоор тэдний хурд улам ялгаатай болох ёстой, Энэ нь бөөмсийг бие биеэс нь холдуулж, одыг том болгохыг эрмэлзэнэ. Иймд одны хөгжлийн бүр эртний шатанд дулаан таталцалтай тэнцэж байсан шиг таталцал хийгээд хоригийн зарчмаас үүдэлтэй түлхэлт хоорондын тэнцвэрийн ачаар одны радиус тогтмол болж чаддаг.

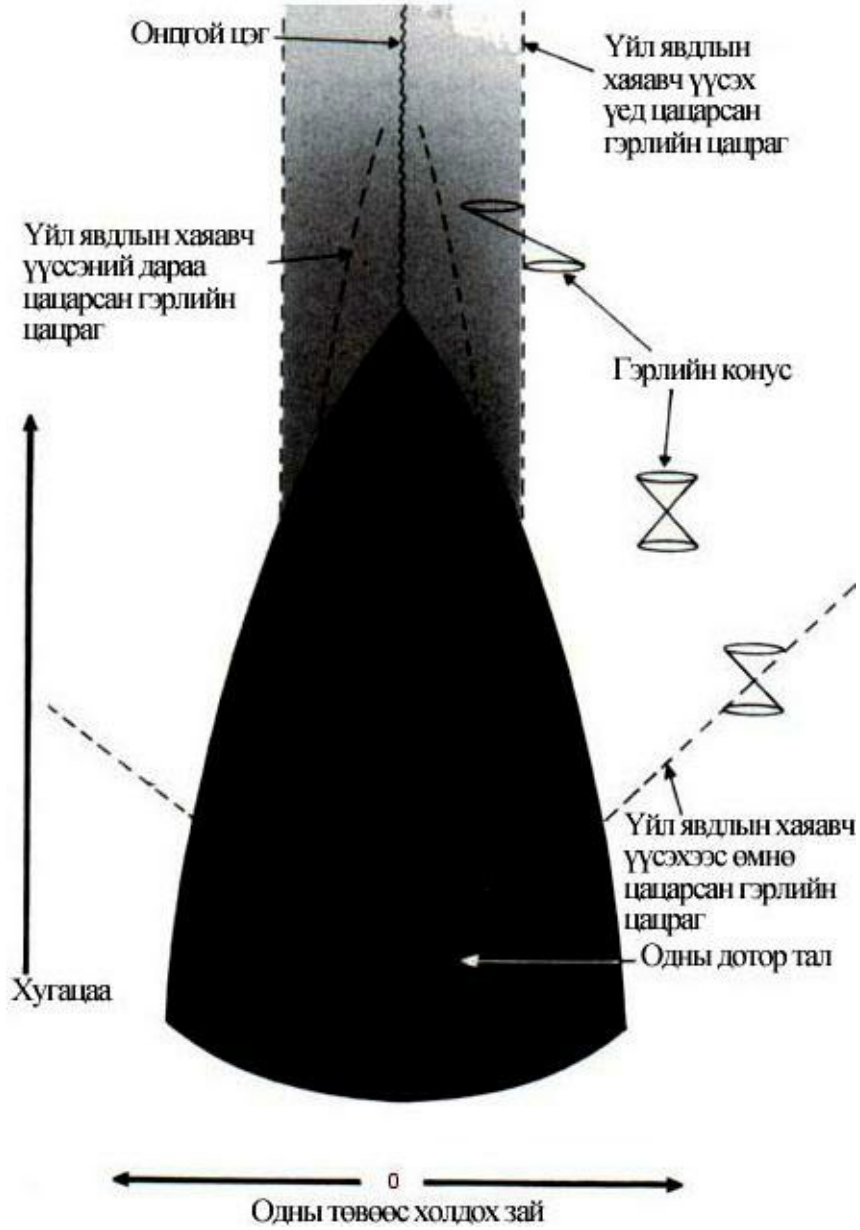
Гэхдээ хоригийн зарчмаар нөхцөлдсөн түлхэлт хязгаартай болохыг Чандрасекар ойлгосон ажээ. Харьцангуйн онол одон дахь бодисын бөөмсийн хурдны хамгийн дээд зөрөөг гэрлийн хурдаар хязгаарладаг. Энэ нь од нилээд нягт болох үед хоригийн зарчмаар нөхцөлдсөн түлхэлт нь таталцлаас бага болно гэсэн үг, Хэрэв хүйтэн одны масс нарны массаас нэг аравны тав дахин их бол энэ од таталцлаа эсэргүүцэж чадахгүй гэж Чандрасекар тооцоолжээ. (Массын энэ утгыг өнөөдөр Чандрасекарын хязгаар гэж нэрлэдэг.) Бараг л тэр үед ийм нээлтийг Оросын эрдэмтэн Лев Данидович Ландау хийв.

Тэдний дүгнэлт их масстай оддын эцсийн хувь заяаг тодорхойлоход чухал нөлөөтэй байсан юм. Хэрэв одны масс Чандрасекарын хязгаараас бага бол эцсийн эцэст тэрээр хумигдахаа больж, одны эцсийн боломжит төлөвийн нэг, хэдэн мянган миль радиустай, нэг куб инчэд зуун тонн нягттай байдаг "цагаан одой" болон хувирна. Цагаан одой нь бодис дахь электрон хоорондынхоо хоригийн зарчмаас үүдсэн түлхэлтийн ачаар тогтдог. Бид цөөнгүй цагаан одойг ажиглан хардаг юм. Шөнийн тэнгэр дэх хамгийн хурц од болох Сириусыг тойрон эргэдэг цагаан одойг нээсэн нь хамгийн анхных нь байлаа.

Масс нь нарны массаас нэгээс хоёр дахин их, гэхдээ хэмжээ нь цагаан одойноос ч бага байх эцсийн өөр нэг төлөв одны хувьд боломжтойг Ландау үзүүлсэн юм. Эдгээр од нь электрон хоорондын биш, харин протон, нейтрон хоорондын хоригийн зарчмаас үүдсэн түлхэлтийн ачаар оршин тогтнох ажээ. Иймээс тэднийг нейтрон од гэж нэрлэдэг. Тэдний радиус хэдэн арван милиэс ихгүй, харин нягт нь нэг куб инчэд зуун сая тонн байх аж. Нейтрон одыг урьдчилан хэлж байх үед тэднийг ажиглах ямарч арга байгаагүй бөгөөд тэднийг ажиглах бодит боломж бүр хожуу илэрсэн юм.

Хэрэв одны масс Чандрасекарын хязгаараас давбал түлш нь дуусах үед маш их бэрхшээл үүснэ. Зарим тохиолдолд од дэлбэрч болно эсвэл ханасан массаас бага масстай болохын тулд өөрөөсөө хэсэг бодисыг ямар нэг байдлаар гарган хаяж таталцлын аюулт хумилтаас зайлсхийж болох ч тухайн одод хэр том байгаагаас үл хамааран ийм юм ямагт тохиолдоно гэж үзэх нь бэрхшээлтэй. Жингээ хасах цаг болсоныг од хэрхэн мэддэг вэ? Тэр бүү хэл од бүхэн хумилтаас зайлхийхийн тулд жингээ тийн хасч чаддаг бол цагаан одой эсвэл нейтрон одны массыг өөрийнх нь хязгаараас хэтэрсэн байхаар нэмэгдүүлбэл юу тохиох бол? Од төгсгөлгүй нягттай болж хумигдах бус уу? Энэ мөрдөлгөө Эддингтоныг цочирдуулж, тэрээр Чандрасекарын үр дүнд итгэхээс татгалзсан юм. Од цэг болтлоо хумигдах нь зүгээр л боломжгүй гэж Эддингтон үзжээ. Ийм хандлагыг ихэнх эрдэмтэн баримталсан байдаг. Одод тэг болтлоо хумигдаж чадахгүй гэдгийг илтгэсэн нэгэн өгүүллийг Эйнштейн ч бичсэн байдаг. Бусад эрдэмтдийн тухайлбал Чандрасекарын анхны багш, одны бүтцийн судалгаанд гол хүн байсан Эддингтоны нөхөрсөг бус харилцаа Чандрасекарыг энэ чиглэлийн ажлаа орхиж, одны хуралдан бөөгнөрөх хөдөлгөөн мэтийн одон орны өөр асуудалд шилжин ороход хүргэсэн байна. Гэхдээ Чандрасекар 1983 онд Нобелийн шагналыг наанадаж зарим талаар, хүйтэн оддын ханасан масстай холбоотой өмнөх ажлуудынхаа төлөө хүртсэн билээ. Одны масс Чандрасекарын хязгаарыг давбал хоригийн зарчим түүний хумилтыг зогсоож чадахгүй гэдгийг Чандрасекар үзүүлсэн бол харьцангуйн ерөнхий онолын үүднээс тэрхүү одтой юу тохиолдож болохыг 1939 онд Америкийн залуу физикч Роберт Оппенгеймер анх шийдсэн юм. Гэхдээ тухайн үеийн огторгуйн дурангаар нэг ч үр дагаварыг илрүүлж чадахгүй гэсэн дүгнэлтийг Оппенгеймер санал болгожээ. Үүний дараахан Дэлхийн Хоёрдугаар дайн эхэлж, тэрээр атомын бөмбөг боловсруулах ажилд шахалтаар орсон байна. Таталцлаас үүдэх хумилтын асуудлыг дайны дараа ор тас мартжээ, учир нь ихэнх эрдэмтэд атом, цөмийн хүрээнд юу болдогийг сонирхон судлаж байв. Гэхдээ жараад онд, орчин үеийн техникийн ачаар одон орны ажиглалтын тоо, цар хүрээ маш их өссөнөөр одон орон, орчлон судлалын асуудлыг сонирхох сонирхол сэргэсэн юм.

Оппенгеймерын үр дүнг цаашдаа олон физикч дахин нээн, хөгжүүлжээ. Ингээд, Оппенгеймерын бүтээлийн ачаар бидэнд өнөөдөр дараах дүр зураг бүрдсэн юм. Одны таталцлын орон нь тухайн од байхгүй үед орон-цагт гэрлийн цацрагийн туулах ёстой байсан замыг өөрчилдөг. Оройгоос цацарсан гэрлийн цацрагаар орон зай, цаг хугацаанд тархах зам нь тодорхойлогддог гэрлийн конус одны гадаргуугийн орчимд дотогшоо үл ялиг хазайдаг байна. Үүнийг нар хиртэх үед ажиглагдах холын оддын гэрлийн цацрагийн хазайлтаас мэдэж болно. Од хумигдахын хэрээр түүний гадаргуу дээрх таталцлын орон ихэсч, гэрлийн конусууд улам их хазайна. Энэ нь гэрэл одноос тасран гарахад улам их хүндрэл учруулах бөгөөд холоос ажиглагч нарт тэрхүү гэрэл сүүмгэр, улаан мэт харагдана. Эцсийн эцэст одны радиус ханасан тодорхой утганд хүрэхэд түүний гадарга дээрх таталцлын орон гэрэл гадагш гарч огт чадахгүй болтол гэрлийн конус дотогшоо хазайхаар тийм хүчтэй болно (зураг 6.1). Харьцангуйн онолоор юу ч гэрлээс хурдан хөдөлж чадахгүй. Нэгэнт гэрэл гадагш гарч чадахгүй болохоор өөр юу ч гарч чадахгүй өөрөөр хэлбэл бүгд таталцлын орongийн улмаас эргэн татагдах болно. Тэгэхээр өөрөөс нь гадагш гарч, холын ажиглагчид хүрэх боломжгүй үйл явдлын ямар нэг олонлог, орон-цагийн ямар нэг муж оршин байна. Тийм мужийг өнөөдөр хар нүх хэмээн нэрийддэг. Хар нүхний хилийг үйл явдлын хаяавч (horizon) гэдэг бөгөөд тэр нь хар нүхнээс гарах боломжоо бүсдаас түрүүнд алддаг гэрлийн цацрагийн замтай давхацна.



зураг 6.1

Од хар нүх үүсгэн хумигдахыг харж болдогсон бол юу харж болох байсныг ойлгохын тулд харьцангуйн онолд үнэмлэхүй цаг хугацаа гэж байхгүйг санах хэрэгтэй. Ажиглагч бүр цаг хугацааны өөрийн гэх хэмжүүртэй байдаг. Од таталцлын оронтой байдаг болохоор одон дээрх ажиглагчийн хувьд цаг хугацаа нь холын ажиглагчийнхаас ялгаатай байна. Аймшиггүй зоригт нэгэн сансрын нисгэгч хумигдаж байгаа одны гадарга дээр байж, түүний хамт дотогш хумигдаж байна гэж төсөөлье. Тэрээр өөрийн цагаар бол секунд тутамд мөнхүү одыг тойрон тойрог замаар яваа сансрын хөлөг рүү дохио илгээсэн гэе. Түүний цагаар цаг хугацааны тодорхой нэг агшинд жишээ нь, 11:00-д одны хэмжээ таталцлын орон нь юуг ч гадагш гаргахгүйгээр хүчтэй болох ханасан радиусаас бага болтол багасахад зоригт эрийн маань дохионууд хөлөгт огт очихгүй. Цаг 11:00-д дөхөхийн хирээр сансрын нисгэгчийн хөлөг рүүгээ илгээдэг ээлжит дохио хоорондын зай улам бүр уртсах боловч 10:59:59 хүртэл энэ нөлөө их биш байна. Сансрын нисгэгчийн цагаар 1О:59:58-аас 10:59:59 хооронд илгээсэн дохиог хөлөг дээр секунд гаруйхан л хүлээх бол 11:00-д явуулсан дохиог нь мөнхөд хүлээх хэрэгтэй болно. Сансрын нисгэгчийн цагаар 10:59:59-өөс 11:00 хооронд одны гадаргаас тасарсан гэрлийн долгионуудыг сансрын хөлгийн үүднээс аваад үзвэл цаг хугацааны төгсгөлгүй үе болон төсөөлөгдөнө. Хөлөг дээр дараалж ирсэн хоёр долгион хоорондын хугацааны зөрүү хором тутамд нэмэгдэнэ, иймд одноос цацарсан гэрэл тасралтгүй

бүдгэрч, улам улаан харагдах болно. Улмаар од хөлгийн давцангаас харагдахгүй болтлоо бүдгэрнэ, Түүнээс хар нүх л орон зайд үлдэх ажээ. Тэгэхдээ одны татах хүч хөлөгт өмнөхийн адил үйлчилсээр байх тул тэрээр хар нүхийг тойрсон хөдөлгөөнөө үргэлжлүүлэх болно.

Гэвч энэ зохиомж дараах шалтгаанаар огт биелэхгүй билээ. Одноос холдоход түүний татах хүч сулардаг, тэгэхээр сансрын зоригт нисгэгчийн маань хөл нь толгойноос нь илүү хүчтэй таталтын нөлөөг амсах болно. Хүчний энэ зөрөө нисгэгчийг гоймон болгон сунгана эсвэл үйл явдлын хаяавч үүсэх ханасан радиуст од хүрэхээс өмнө түүнийг хэсэг хэсэг болгон тасдан хаяна! Гэхдээ таталцлаас үүдэх хумилтын улмаас хар нүх болон хувирч болох, галактикуудын төв муж шиг маш том бие орчлон ертөнцөд оршин байдаг гэж бид үздэг юм. Тэгвэл тийм биетийн нэг дээр хар нүх үүсэх хүртэл нисгэгч маань хэсэг хэсгээрээ урагдахгүй байж болно. Үнэндээ тэрээр одны радиус ханасан утгадаа хүрэхэд ямарч онцгой зүйл мэдрэхгүйгээр, нэг мэдэхэд эргэн буцаж болохгүй муж эхэлдэг тэр цэгээс дотогш орж чадна. Гэвч хэдхэн цагийн дараа энэ хэсэг хумигдаж эхлэх бол хөл, толгойд нь үйлчлэх таталцлын хүчний зөрөө түүнийг дахиад л хэсэг хэсгээр нь тасдахаар тийм хүчтэй болж нэмэгдэнэ.

Рожер Пенроузтай хамт 1965 оноос 1970 онд гүйцэтгэсэн ажлууд маань харьцангуйн ерөнхий онол ёсоор хар нүхний дотор төгсгөлгүй нягттай, орон-цагийн төгсгөлгүй муруйлт бүхий онцгой цэг байх ёстойг үзүүлсэн билээ. Энэ нь сансрын нисгэгч хийгээд хумигдаж байгаа биетийн хувьд цаг хугацааны төгсгөлийг заахаараа л ялгаатай боловч цаг хугацааны эхлэл дэх их тэсрэлттэй нилээд төстэй. Энэхүү онцгой цэг дээр шинжлэх ухааны бүх хууль, ирээдүйг угтан хэлэх боломж маань алдагдах юм. Гэхдээ энэ гарз хар нүхний гадна байгаа ямар нэг ажиглагчид хүртээлгүй, яагаад гэвэл түүнд онцгой цэгээс үүссэн гэрлийн болон ямар нэг өөр төрлийн дохио хүрч очихгүй. Энэ гайхалтай баримтыг үндэслэж Рожер Пенроуз "Бурхан нүцгэн онцгой цэгийг тэвчдэггүй" гэж томъёолж болох сансрын шалгуурын таамаглалыг дэвшүүлсэн билээ. Өөрөөр хэлбэл таталцлаас үүдсэн хумилтын үр дүнд үүссэн онцгой цэг нь үйл явдлын хаяавчийн ачаар гадны хараанаас найдвартай халхлагддаг хар нүх орчимд л илэрнэ. Хатуухан хэлэхэд энэ бол сансрын сул шалгуурын таамаглал юм. Тэрээр онцгой цэг дээр урьдчилан хэлэх боломж алдагдах уршигаас хар нүхний гадна байгаа ажиглагчдыг хамгаалдаг боловч хар нүхэнд унасан хөөрхий золгүй нисгэгчийг аврах тухайд ямар ч үг дуугардаггүй.

Нүцгэн онцгой цэгийг үзэх боломжийг сансрын нисгэгчид олгох, харьцангуйн ерөнхий онолын тэгшитгэлийн хэд хэдэн шийд байдаг. Тэрээр онцгой цэгтэй учралгүй, "сохор номингийн нүхээр" дамжин орчлон ертөнцийн өөр муж руу орж болно. Ийм хувилбар орон зай, цаг хугацаанд аялах өргөн боломжийг олгохоор боловч харамсалтай нь эдгээр бүх шийд маш тогтворгүй болтой. Маш өчүүхэн зүйл жишээ нь сансрын нисгэгч байгаа нь л уг шийдийг сансрын нисгэгч онцгой цэгтэй учирч, түүний хувьд цаг хугацаа төгсөхөөс нааш онцгой цэгийг харж чадахгүй болтол өөрчилж чадна. Өөрөөр хэлбэл онцгой цэг нь түүний ирээдүйд л ямагт байхаас өнгөрсөнд нь хэзээ ч байхгүй байх юм. Сансрын шалгуурын таамаглалын хүчтэй томъёоллоор бодит шийдэнд бүх онцгой цэг нэг бол (таталцлаас үүдэх хумилтынх шиг) ирээдүйд байна, үгүй бол (их тэсрэлтийнх шиг) өнгерсөнд байх ёстой. "Сансрын шалгуурын таамаглал" аль ч томъёололд биелнэ гэдэгт итгэхийг маш их хүсдэгийн шалтгаан нь нүцгэн онцгой цэгүүдийн ойролцоо өнгөрсөн рүү очих боломж олдож магадгүй байдагтай холбоотой. Энэ нь шинжлэх ухааны зөгнөл зохиогчдын хувьд сайхан зүйл байхын хамт өөрийн аюулгүй байдалд хэзээ ч итгэлтэй байж болохгүйг илэрхийлэх байлаа. Хэн нэг нь өнгөрсөн рүү очоод өөрт чинь амьдрал бэлэглэхээс өмнө эцэг эхийн чинь хэн нэгний бодийг нь хөтөлчихөж мэднэ!

Дотроос нь гадагш нэвтрэх боломжгүй орон-цагийн тэрхүү мужийг хүрээлж байдаг үйл явдлын хаяавч нь хар нүхийг бүрсэн, нэг талаасаа нэвтэрдэг нэгэн зүйл мембрантай төстэй. Болгоомжгүй сансрын нисгэгч мэт биес хар нүх рүү үйл явдлын хаяавчаар нэвтрэн унаж болох ч үйл явдлын хаяавчаар юу ч эргэн гарч чадахгүй. (Үйл явдлын хаяавч бол гэрэл хар нүхнээс тасрахыг тэмүүлсэн үедээ орон-цагт туулдаг тэр зам, гэтэл юу ч гэрлээс хурдан хөдөлж чаддаггүйг сана.) Яруу найрагч Дантегийн нэгэн шүлгэнд Там руу ордог хаалган дээр "Нааш орж ирэгсэд элдэв итгэл найдвараа орхи" гэж өгүүлдэгтэй үйл явдлын хаяавчийг зүйрлэн өгүүлж болно. Үйл явдлын хаяавчин дотор унасан хэн бүхэн, ер нь юу ч төгсгөлгүй нягттай муж, цаг хугацааны төгсгөлд даруй хүрэх болно.

Хөдөлж байгаа маш хүнд биетүүд муруй орон зайд гэрлийн хурдтайгаар тархдаг долгиог буюу таталцлын долгион цацралтыг бий болгоно гэж харьцангуйн ерөнхий онол таамагладаг. Эдгээр нь цахилгаан-соронзон оронгийн долгио болох гэрлийн долгионтой адил ч бүртгэхэд бэрхшээл учруулдаг юм. Гэрлийн нэгэн адил тэд өөрсдийг нь цацруулж буй биетийн энергийг бардаг. Иймд ямарч хөдөлгөөний үед таталцлын долгион цацралтаар энерги нь барагдах учраас масс ихтэй биетээс бүрдсэн тогтолцоо эцсийн эцэст тогтонги төлөвт ордог гэж үзэж болно. (Энэ нь хөвүүрийг усанд тавихтай нилээд төстэй. Хөвүүр эхэндээ усанд нэг далд орж, нэг ил гарч ирж байснаа усны долгион энергийг нь зайлуулдаг болохоор эцсийн эцэст хөдөлгөөнгүй тогтвортой төлөвт ордог.) Жишээ нь, дэлхий нарыг тойрон эргэх хөдөлгөөн таталцлын долгион үүсгэдэг. Энерги алдагдсанаас болж дэлхий нар руу бага багаар ойртон, эцсийн эцэст түүнтэй нийлж тогтвортой төлөвт орно. Дэлхий нар хоёрын тохиолдолд алдагдсан энергийн хэмжээ маш бага буюу багахан цахилгаан буцалгуурын хэрэглэдэгтэй ойролцоо байна. Энэ нь дэлхий наран дээр нэг мянган саяын саяын саяын сая орчим жилийн дараа унана, тэгэхээр одоогоор үүнд санаа зовохгүй байж болно гэсэн үг! Дэлхийн тойрог замын өөрчлөлт нь ажиглагдамгүй хэтэрхий удаан явагдаж байгаа ч ийм өөрчлөлт PSR1913+16 (PSR нь радио долгионы тогтмол импульсийг цаируулдаг нейтрон одны онцгой нэгэн төрөл буюу "pulsar"-ийг товчилсон үг.) системд сүүлийн хэдэн жилийн дотор ажиглагдсан байна. Уг систем бие биенээ тойрон эргэдэг нейтроны хоёр одноос тогтдог бегөөд тэд татадцлын долгион цацралтанд энергиэ алддагаас бие бие рүүгээ мушгиран ойртоход хүрдэг ажээ.

Таталцлаас үүдсэн хумилтын үед одноос хар нүх үүсэхийн тулд хөдөлгөөн нь улам хурдасч алдагдах энергийн хэмжээ улам их болох учиртай. Иймд хумигдаж байгаа од ямар нэг тогтвортой төлөвт даруй шилжих ёстой. Эцсийн энэ төлөв ямар байх вэ? Тэр нь уг одны нарийн нийлмэл бүх шинжээс өөрөөр хэлбэл түүний масс, эргэлтийн хурдаас төдийгүй одны янз бүрийн муж дахь нягтын ялгаанаас, түүн доторх хийн нарийн нийлмэл хөдөлгөөнөөс ч хамаарна гэж бодож болох. Гэхдээ хар нүх өөрсдийг нь үүсгэн хумигдаж байгаа биет шигээ тийн олон янз байдагсан бол түүний талаар ямар ч хамаагүй ерөнхий таамаглал гаргахад маш их хүндрэл учрах байлаа.

Гэвч 1967 онд Канадын эрдэмтэн Вернер Израэл (тэрээр Берлинд төрөөд, Өмнөд Африкт өсөн торниж, Ирландад докторын диссертаци хамгаалсан нэгэн) хар нүхний судалгаанд хувьсгал хийлээ. Эргэдэггүй хар нүхнүүд харьцангуйн ерөнхий онол ёсоор маш энгийн шинжтэй байх ёстойг тэрээр үзүүлсэн юм. Тэдгээр хар нүх зөв бөөрөнхий хэлбэртэй байх ёстой, хар нүхний хэмжээ зөвхөн массаасаа хамаарах бөгөөд адил масстай хоёр хар нүх өөр хоорондоо ижил байх ёстой ажээ. 1917 оноос тодорхой болсон, харьцангуйн ерөнхий онолыг нээсний дараахан Карл Шварцшильдын бодож олсон, Эйнштейний тэгшитгэлийн онцгой шийдээр тэднийг тодорхойлон тайлбарлаж болдог. Эхэндээ олон хүмүүс, түүний дотор Израэл өөрөө ч хар нүхнүүд дув дугуй

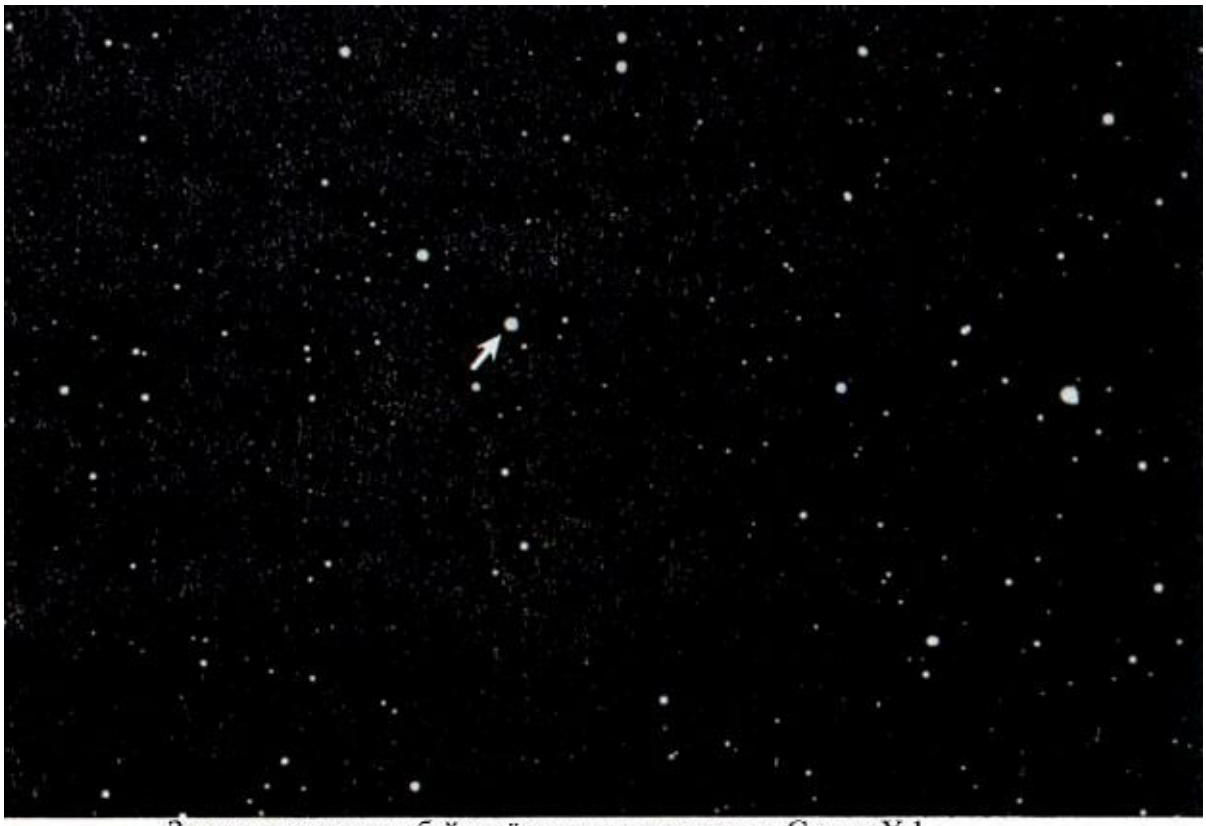
байх ёстой болохоор хумилтын эцэст тэд зөвхөн төгс бөөрөнхий биеийг үүсгэх болно гэж бодож байлаа. Иймд хэзээ ч төгс бөөрөнхий хэлбэртэй байдаггүй аливаа бодит од зөвхөн нүцгэн онцгой цэгийг үүсгэн хумигдаж болно. Гэхдээ Израэлийн олсон үр дүнгийн талаар ялангуяа Рожер Пенроуз, Жон Уилер нарын дэмжиж байсан өөр нэгэн тайлбар байдаг юм. Одны хумилтын үед үүсдэг хурдан хөдөлгөөн нь одны цацруулсан таталцлын долгион одыг улам бөөрөнхий болгож, од тогтвортой төлөвт орох агшинд тэрээр яг бөөрөнхий хэлбэртэй болно гэдгийг илэрхийлнэ гэж тэд үздэг. Энэ үзлээр хэлбэр, дотоод бүтэц нь нарийн нийлмэл байлаа ч эргэдэггүй аливаа од таталцлаас үүдсэн хумилтын дараа хэмжээ нь зөвхөн массаасаа хамаардаг зөв бөөрөнхий хэлбэртэй хар нүх болж хувирах естой, Хожим энэ дүгнэлт тооцоогоор батлагдаж, удалгүй хүлээн зөвшөөрөгдсөн билээ. Эргэдэггүй биеэс үүсэх хар нүхэнд л Израэлийн үр дүн хамаатай. 1963 онд Шинэ Зеландын Рой Керр эргэдэг хар нүхнүүдийг тайлбарлах харьцангуйн ерөнхий онолын тэгшитгэлийн хэд хэдэн шийдийг олов. "Керрийн" хар нүхнүүд тогтмол хурдтай эргэдэг төдийгүй хэлбэр, хэмжээ нь зөвхөн масс, эргэлтийн хурдаасаа хамаардаг, Хэрэв эргэлт байхгүй бол хар нүх төгс бөөрөнхий хэлбэртэй болж, түүнд тохирох шийд Шварцшильдын шийдтэй адил байна. Хэрэв хар нүх эргэж байгаа бол экватор орчмоороо (эргэлтээс болоод дэлхий эсвэл нар бага зэрэг цүлхийдэг шиг) гадагшаа цүлхийх бөгөөд эргэлт хурдан байх тусам улам их цүлхийнэ. Ингээд хар нүх үүсгэн хумигдах, эргэдэг аливаа бие эцсийн эцэст Керрийн шийдээр тодорхойлогдох тогтвортой төлөвт орох ёстой гэсэн таамаглалыг Израэлийн үр дүнгийн өргөтгөл болгон хийжээ. Кембриж дэх миний шавь бөгөөд хамтран зүтгэгч Брендон Картер энэ таамаглалыг нотлох анхны алхамыг хийсэн юм. Байнга эргэлдэж байдаг хар нүх эргэж байгаа ээрүүл шиг хэлбэр, хэмжээ нь зөвхөн масс, эргэлтийн хурдаасаа хамаарах тэгш хэмийн тэнхлэгтэй байна гэдгийг тэрээр үзүүлэв. Байнга эргэж буй аливаа хар нүх үнэхээр тэгш хэмийн тэнхлэгтэй байна гэдгийг дараа нь би 1971 онд нотлосон юм. Картер, бид хоёрын үр дүнд тулгуурлан энэхүү таамаг үнэн болохыг өөрөөр хэлбэл тиймэрхүү хар нүх үнэхээр Керрийн шийдлээр байх ёстойг эцэст нь 1973 онд Лондонгийн Вангийн коллежийн Дэвид Робинсон үзүүлсэн. Ингэхлээр таталцлаас үүдсэн хумилтын дараа хар нүх нь эргэж чадах ч лугшиж үл чадах тийм төлөвт орох ёстой. Түүнээс гадна хар нүхний хэмжээ зөвхөн түүний масс, эргэлтийн хурдаас хамаарах бөгөөд хар нүх болж хумигдсан биеийн шинж чанараас огтхон ч хамаарахгүй. Энэ дүгнэлт "хар нүх үсгүй байдаг" гэсэн томъёолоор алдаршсан юм. Хар нүх "үсгүй" тухай теорем хар нүхний боломжит хэв маягуудад хатуу хязгаарлалт тавьдаг учраас маш их практик ач холбогдолтой. Ингэснээр хар нүхийг агуулж чадахуйц биетийн хэсэгчилсэн загварыг байгуулж, түүнээс гарах таамаглалыг ажиглалтын үр дүнтэй харьцуулах боломж олддог. Үүнээс гадна хар нүх үүсэх үед хумигдсан биеийн тухай мэдээллийн ихэнх хэсэг алдагдах ёстой гэдэг нь эндээс урган гарна, учир нь хумилтын дараа биеийн талаар бидний хэмжиж болох бүхэн нь түүний масс, эргэлтийн хурд хоёр л байна. Өгүүлсэн зүйлийн ач холбогдол дараагийн бүлгээс тодорхой болно.

Хар нүх бол онол нь үнэнээ нотлох туршилтын ямарч нотолгоогүйгээр цэвэр математик загвар маягаар бүх бүрэлдэхүүн хэсгээрээ хөгжсөн, шинжлэх ухааны түүхэн дэх цөөн хэдэн жишээний нэг юм. Оршин байгаа нь харьцангуйн ерөнхий онол мэтийн тийм эргэлзээтэй онол дээр үндэслэсэн тооцооноос л урган гардаг биетүүдийн бодитойд итгэж яаж болно хэмээн хар нүхийг эсэргүүцэхдээ үүнийг гол үндэслэл болгон ашигладаг. Гэхдээ 1963 онд Калифорнийн Паламарын одон орны хүрээлэнгийн одон орон судлаач Мартен Шмидт 3C273 дугаарын радио долгионы үүсгүүр (радио долгионы талаарх Кембрижийн 3 дугаар жагсаалтын 273 дугаартай үүсгүүр)-ийн зүгт, одтой төстэй бүдэг биетийн улаан шилжилтийг хэмжсэн байна. Шмидтын илрүүлсэн улаан шилжилт таталцлын орны нөлөөгөөр тайлбарлагдахаар хэтэрхий их байжээ, өөрөөр хэлбэл тэрээр таталцлын гаралтай байх юм бол түүнтэй холбоотой бие нь Нарны

Системийн бүх гарагийн тойрог замыг өөрчлөхөөр тийм их масстай, бидэнд тийм ойрхон байх ёстой байв. Энэ улаан шилжилт орчлон ертөнцийн тэлэлтээс болж үүссэн бол тухайн биет маш хол байна гэсэн саналыг үүний эсрэг дэвшүүлсэн байдаг. Тийм хол зайнаас харагдахын тулд тухайн биет маш хурц байх ёстой өөрөөр хэлбэл маш их энерги цацруулах ёстой. Тийм их энергийг цацруулж чадах цорын ганц механизм бол таталцлаас үүдсэн хумилт, гэхдээ ямар нэг одны биш, харин галактикийн яг төв мужийн хумилт байна. Маш их улаан шилжилттэй хэд хэдэн иймэрхүү "хуурмаг од маягийн өөр биеийг" буюу квазарыг тэр үед нээсэн байлаа. Гэхдээ тэдний их алслагдсан байдал нь ажиглалтыг ихэд хүндрүүлж, хар нүхний талаар эцсийн дүгнэлт өгөх боломж олгодоггүй юм.

Радио долгионы тогтмол импульс цацруулдаг биетүүдийг 1967 онд Кембрижийн Их Сургуулийн аспирант Жослин Белл огторгуйгаас илрүүлсэнээр хар нүхнүүд оршин байгааг нотлох шинэ баримт олдов. Эхэндээ Белл болон түүний удирдагч Энтони Хэюиш нар өөрсдийгөө манай галактик дахь харь гарагийн иргэншилтэй холбоо тогтоочихлоо гэж бодсон аж! Нээлтээ семинар дээр зарлахдаа илрүүлсэн дөрвөн үүсгүүрээ "жижигхэн ногоон хүмүүс" (Little green men) гэдгийн товчлол болох LGM-ийг оролцуулсан LGM 1-4 гэж хураангуйлан нэрлэсэн байсныг би санаж байна. Гэхдээ илрүүлсэн тэрхүү биетүүд соронзон орон болон хүрээлэн буй бодис хоорондынхоо нарийн нийлмэл харилцан үйлчлэлээс болоод радио долгионы импульс цацруулан эргэдэг, лугшигч (Pulsar) гэж нэрлэгдэх нейтрон одод юм гэсэн арай бага утга уянга бүхий дүгнэлтэнд эцсийн эцэст зохиогчид нь ч, бусад нь ч хүрсэн юм. Энэ мэдээ сансрын гийчдийн тухай хурц үйл явдалтай кино зохиогчдын урмыг хугалсан ч хар нүхний талын бидний цөөн хэдэн хүний урмыг маш их тэтгэсэн билээ. Учир нь энэ бол нейтрон од байдгийн анхны эерэг баталгаа байлаа. Нейтрон од нь од хар нүх болон хувирах тэрхүү радиусаас дөнгөж наахнуур буюу арав орчим миль радиустай. Хэрвээ од тийм бага хэмжээтэй болж чаддаг юм бол хумилтын үр дүнд бусад од бүр бага болж хар нүхнүүд үүсгэдэг гэж бодох бүрэн үндэс байна.

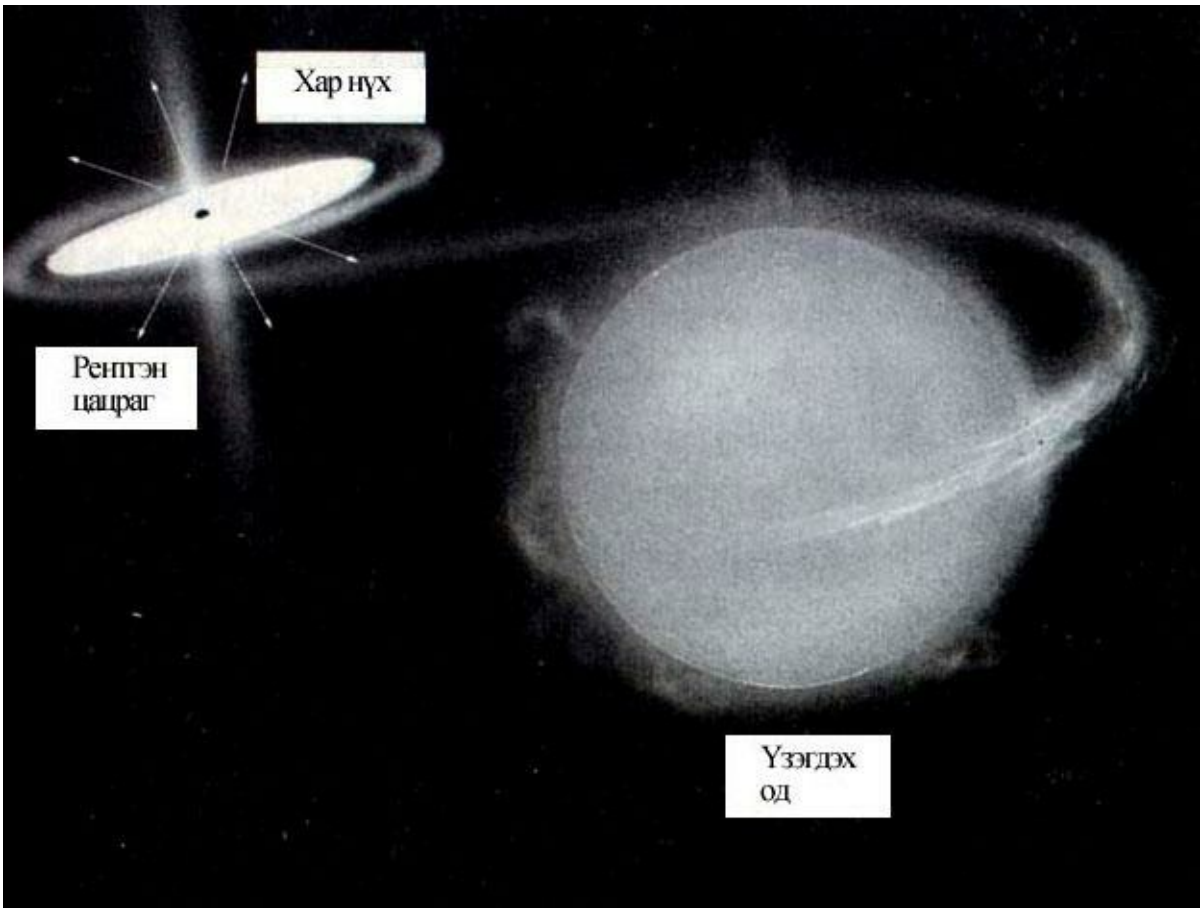
Гэхдээ хар нүх ямар ч гэрэл цацруулдаггүй гэсэн үндсэн тодорхойлолт үнэн бол түүнийг хэрхэн олж тогтоох вэ? Энэ нь харанхуй өрөөнөөс хар муур барихтай агаар нэгэн. Гэлээ ч гэсэн нэг арга бий. Жон Мичелл 1783 онд бичсэн анхныхаа бүтээлд хар нүхнүүд түүнд ойрхон байдаг биетүүдэд таталцлын нөлөө үзүүлдэг гэдгийг заажээ. Бие биенээ тойрон эргэдэг, таталцлын үйлчлэлээр бие бие рүүгээ татагддаг хоёр од бүхий олон тогтолцоог одон орон судлаачид ажигласан байдаг. Үл үзэгдэгч хослогчоо тойрон эргэж буй үзэгдэх ганцхан одтой тийм тогтолцоонуудыг ч ажигласан юм. Тэр хослогч нь хэтэрхий бүдэгхэн од байж болох тул түүнийг хар нүх мөн гэж шууд дүгнэж болохгүй нь мэдээжийн хэрэг. Гэвч тийм тогтолцооны зарим нь жишээлбэл (зураг 6.2) Хун Х-1 хүчтэй рентген цацраг цацруулдаг. Үүнийг үзэгдэх одны гадаргаас бодис үлээгддэгээр тайлбарлах нь хамгийн зохимжтой байдаг билээ.



Зурагны төв орчимд байх хоёр одны илүү тод од нь Сигнус X-1,
энэ нь би биенээ тойрон эргэх хар нүх, ердийн одоос тогтдог хэмээн үздэг.

зураг 6.2

Тэр бодис үл үзэгдэх од руу унахдаа (онгоцноос урсан гарах ус шиг) мушгиран эргэж, рентген цацраг үүсгэн хүчтэй хална (зураг 6.3). Ийм механизм хэрэгжихийн тулд үл үзэгдэх бие нь цагаан одой, нейтрон од, эсвэл хар нүх шиг маш бага байх ёстой. Үзэгдэх одны тойрог замыг ажиглан үл үзэгдэх биеийн боломжит хамгийн бага массыг тооцоолж болно. Хун X-1-ийн хувьд энэ масс нарны массыг ойролцоогоор зургаа дахин авсантай тэнцэнэ тодруулбал Чандрасекарын дүгнэлт ёсоор энэ нь үл үзэгдэх биет цагаан одой байхад хэтэрхий ихдэнэ. Тэгэхээр энэ масс нейтрон одонд ч ихдэнэ, энэ бие магадгүй хар нүх байх ёстой. Хун X-1-ийн ажиглалтын үр дүнг хар нүхийг оролцуулахгүйгээр тайлбарладаг өөр загварууд байдаг ч тэд бүгдээрээ хэтэрхий зохиомол шинжтэй. Хар нүх бол ажиглалтын цорын ганц тун зүй ёсны тайлбар билээ. Хэдий ийм ч би Калифорнийн Техникийн Институтын Кип Торнтой Хун X-1-д үнэндээ хар нүх байхгүй гэж бооцоо тавьсан юм! Миний хувьд энэ бооцоо бол нэгэн төрлийн даатгал байлаа. Би хар нүхийг маш их судалсан бөгөөд хэрэв хар нүх байдаггүй нь нэгэнт тогтоогдвол миний бүх ажил балрах билээ. Гэхдээ энэ тохиолдолд хожсон бооцоо маань надад тайтгарал болж, тохиролцоо ёсоор би дөрвөн жилийн туршид "Private Eye" сэтгүүлийг үнэгүй авах юм. Хэрэв хар нүхнүүд ямартаа ч байдаг бол Кип бүтэн жилийн турш "Penthouse" сэттүүлийг авна. 1975 онд бооцоо тавихдаа Хун X-1 бол хар нүх мөн гэдэгт бид 80 хувь итгэж байсан. Харин одоо бидний итгэл 95 хувь хүртэл өссөн гэж би хэлмээр байна, гэхдээ бооцоо маань хүчин төгөлдөр хэвээр байгаа.



зураг 6.3

Манай галактик болон том, жижиг Магелланы Үүлс гэгдэх хөрш хоёр галактикийн хүрээнд Хун Х-1 шиг тогтолцоонуудад өөр хэд хэдэн хар нүх байдаг тухай баримт бидэнд бий. Гэхдээ бүр олон хар нүх байх нь бүр ч магадтай. Орчлон ертөнцийн урт удаан түүхийн явцад олон тооны од түлшээ дуустал нь зарцуулж, хумигдсан байх ёстой. Хар нүхний тоо манай галактикт л гэхэд зуун мянган сая орчим байдаг үзэгдэх одны тооноос бүрэн давж чадна. Тийм олон тооны хар нүхний нэмэлт таталцал манай галактик яагаад өөр ямар нэг хурдтайгаар биш чухам энэ хурдтай эргэдэгийн шалтгаан байж чадах юм. Учир нь энэ хурдыг тайлбарлахад үзэгдэх оддын масс хангалтгүй байдаг. Нарнаас зуун мянга дахин их масстай асар том хэмжээний хар нүх манай галактикийн төвд байгаа гэсэн хэд хэдэн баталгаа ч бий. Энэ хар нүхтэй хэтэрхий ойр галактикийн одод түүнтэй ойр болон хол талынх нь таталцлын хүчний зөрөөнөөс болоод хэсэг хэсэг болон бутарна. Бутарсан одны үлдэгдэл, бусад одноос хаяагдсан хийний хамт хар нүх рүү чиглэн унах болно. Хун Х-1 тохиолдлынх шиг эдгээр хий дотогш мушгиран эрчилж, тийм ч их биш хална. Энэ халалт рентген цацраг ялгаруулахаар халуун байхгүй ч үүгээр л галактикийн төвд ажиглагддаг радио долгион, хэт улаан туяаны бяцхан үүсгүүрийг тайлбарлаж болно.

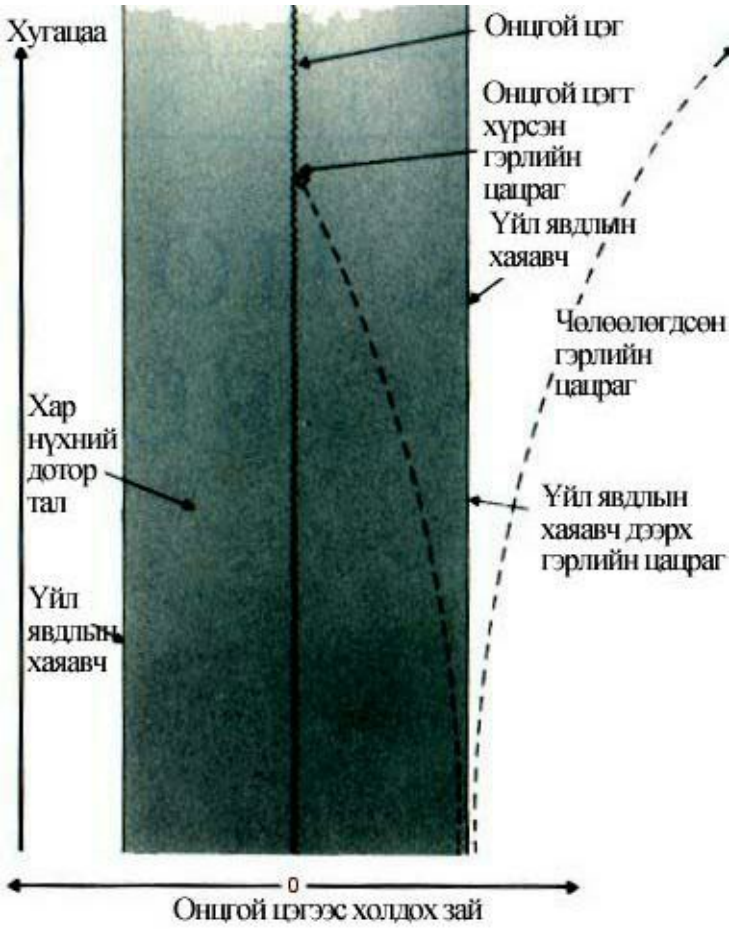
Квазаруудын төвд мөн ийм, гэхдээ нарны массаас зуун сая дахин их масстай бүр том хар нүхнүүд байдаг гэж үздэг. Тийм ер бусын масстай хар нүхэнд бодис унах үзэгдлээр л тэндээс ялгарах асар их энергийг тайлбарлаж болох юм. Бодис мушгиран эргэж хар нүхэнд унахдаа тэр чиглэлдээ хар нүхийг эргүүлж, үүний ачаар дэлхийн соронзон оронтой төстэй соронзон орон үүсдэг. Дотогш унасан бодис хар нүхний орчимд маш их энергитэй бөөмсийг төрүүлэх болно. Соронзон орон нь эдгээр бөөмийг хар нүхний эргэх тэнхлэгийн дагуу өөрөөр хэлбэл түүний өмнө ба хойд туйлын чигт гадагшаа тасран гарах урсгал дээр төвлөрүүлж чадахаар хүчтэй байдаг. Зарим галактик, квазаруудын хувьд тийм урсгал үнэхээр ажиглагдсан юм.

Нарны массаас бага масстай хар нүхнүүд оршин байх бололцоог ч авч үзэж болно. Тийм хар нүхнүүд таталцлаас үүдсэн хумилтын үрээр үүсч чадахгүй, учир нь тэдний масс Чандрасекарын хязгаараас доогуур байдаг. Ийм бага масстай одод цөмийн бүх түлшээ бүрэн зарцуулсан ч таталцлыг эсэргүүцэж чадна. Бага масстай хар нүхнүүд гадны хэт өндөр даралтаар бодис маш их нягттай болтлоо шахагдсан нөхцөлд л үүсч болно. Ийм нөхцлийг устөрөгчийн маш том бөмбөгөөр үүсгэж болно. Хэрэв дэлхийн далай тэнгисээс бүх хүнд усыг ялган авч чадвал төвд нь хар нүх үүсч болох тийм хүчтэй даралт үүсгэж чадах устөрөгчийн бөмбөгийг бүтээж болно гэж физикч Жон Уилер нэгэнтээ тооцоолжээ. (Үүнийг үзэж чадах хүн эргэн тойронд нь үлдэхгүй нь лав!) Илүү бодитой боломж бол маш их температур, даралттай байсан орчлон ертөнцийн бүр эрт үед бага масстай ийм хар нүхнүүд үүссэн байх явдал юм. Эрт үеийн орчлон ертөнц тэв тэгш, нэгэн төрөл биш байсан байх тохиолдолд л хар нүх үүссэн байна, яагаад гэвэл дундаж нягтыг давсан нягттай ямар нэг муж л хар нүх болон хувирахаар тэгж шахагдаж чадна. Гэхдээ орчлон ертөнц нэгэн төрөл байсан бол бодисууд од, галактикийг үүсгэн бөөгнөрөхийн оронд өнөө үеийг хүртэл орчлон ертөнцөөр нэгэн жигд тарах байсан учраас орчлон ертөнц нэгэн төрөл биш байсан байх ёстойг бид мэддэг. Од, галактикийг авч үзэхэд шаардагдах энэхүү нэгэн төрөл биш байдал нь эртний орчлон ертөнцийн нөхцөл байдлаас хамаарсан "эртний" хар нүхнүүд үүсэхэд хүргэсэн байж болох биш үү. Тэгвэл хичнээн тооны эртний хар нүх одоо байгааг тогтоочихвол бид орчлон ертөнцийн хөгжлийн хамгийн эрт үеийн талаар улам их зүйлийг мэдэж болохнээ. Мянган сая тонноос (том уулын массаас) их масстай эртний хар нүхнүүдийг үзэгдэх биетийн эсвэл орчлон ертөнцийн тэлэлтийн үйл явцад нөлөөлөх таталцлын оронгийн нөлөөгөөр нь тэмдэглэн авч болохоор юм. Гэхдээ дараагийн бүлгээс бид үнэндээ хар нүх огт хар биш гэдгийг мэдэх болно. Тэд улайссан биет шиг гэрэлтдэг бөгөөд хар нүх жижиг байх тусам улам хурц гэрэлтдэг. Хичнээн гаж ч гэлээ жижигхэн хар нүх томоосоо хялбар мэдэгдэх естой!

Долдугаар бүлэг

Хар нүх тийм ч хар биш

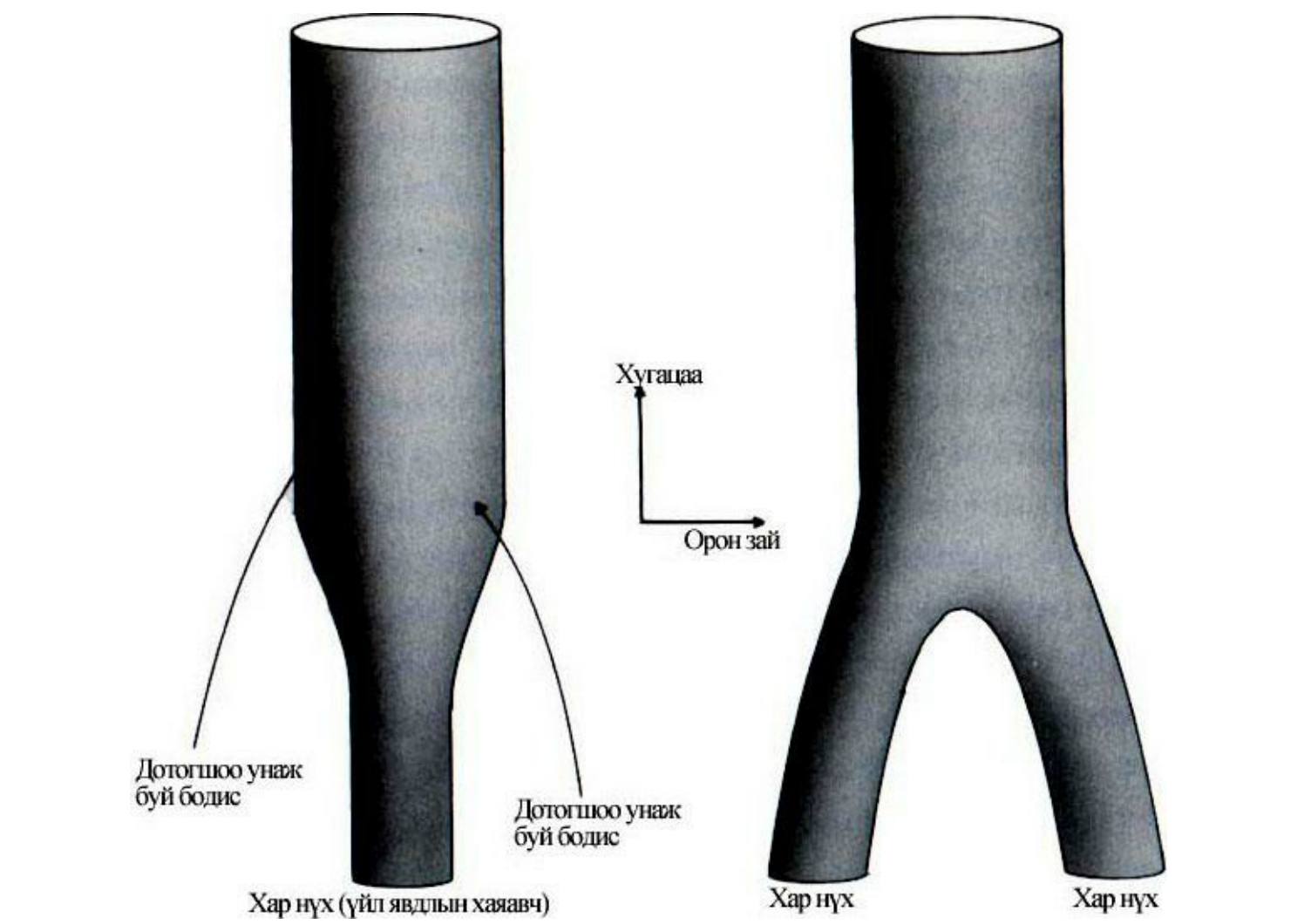
1970 оноос өмнөх, харьцангуйн ерөнхий онолын судалгаа маань их тэсрэлтийн онцгой цэг байсан уу, үгүй юу гэсэн асуулт дээр ерөнхийдөө төвлөрч байлаа. Гэвч Люси охиноо төрсөний дөнгөж дараахан 1970 оны арван нэгэн сарын нэгэн орой унтахаар зэхэх үеэстээ би хар нүхний талаар эрэгцүүлж бодсон юм. Өөрийн чадалгүйгээсээ болоод үүнд их удаан бэлддэг болохоор надад эрэгцүүлэх цаг их байлаа. Хар нүхний дотор орон-цагийн ямар цэг, харин гадна нь ямар цэг байдаг талаар нарийн тодорхойлолт тэр үед хараахан байгаагүй. Гэхдээ хар нүх бол хол зайд өрнөх боломжгүй үйл явдлын олонлог гэсэн, өнөөдөр хүлээн зөвшөөрөгдсөн байгаа тодорхойлолтыг өмнө нь би Рожер Пенроузтай зөвшилцөж байсан юм. Хар нүхний хил буюу үйл явдлын хаяавчийг хар нүхний хил дээр ямагт байж түүнээс гарч чаддаггүй гэрлийн цацрагийн орон-цаг дахь замууд бүрдүүлдэг гэдгийг уг тодорхойлолт илэрхийлдэг (зураг 7.1). Энэ нь цагдаагаас зугтаж нэг алхам холдож чадсан ч түүнээс бүрэн мөсөн салж чадахгүй байхтай адил.



зураг 7.1

Гэнэт би гэрлийн цацрагийн тэдгээр зам бие биедээ хэзээ ч ойртож чадахгүйг ойлголоо, Хэрэв ойртдогсон бол эцсийн эцэст тэд өөр хоорондоо мөргөлдөнө. Зүйрлэвэл чанх өмнөөс нь бас цагдаагаас зугтааж байгаа өөр хэн нэгэнтэй тааралдаж, хоёул баригдана. (Манай тохиолдолд хар нүхэнд унана.) Гэвч гэрлийн эдгээр цацрагийг хар нүх шингээдэг бол тэд хар нүхний хил дээр байж чадахгүй байх байсан. Иймд үйл явдлын хаяавч дээр гэрлийн цацрагууд ямагт бие биетэйгээ зэрэгцэж эсвэл бие биеэсээ зайтай хөдлөж байх ёстой. Тодруулбал үйл явдлын хаяавч буюу хар нүхний хил нь удахгүй сарних сүүдрийн хөвөөтэй төстэй. Нар шиг маш холын ямар нэг

үүсгүүрийн тусгасан сүүдрийг харах юм бол сүүдрийн хүрээн дээрх гэрлийн цацрагууд өөр хоорондоо ойртохгүй байгааг харж болно. Хэрэв үйл явдлын хаяавчийг өөрөөр хэлбэл хар нүхний хилийг үүсгэдэг гэрлийн цацраг бие биедээ хэзээ ч ойртож чаддаггүй юм бол үйл явдлын хаяавчийн талбай нэг бол яг тэр хэвээр байна үгүй бол яваандаа нэмэгдэнэ, гэхдээ хэзээ ч багасахгүй, яагаад гэвэл түүний багасалт дор хаяж хил дээрх гэрлийн зарим цацраг бие биедээ ойртох ёстойг илэрхийлэх юм. Үнэндээ энэ талбай хар нүхэнд бодис, цацраг унах тоолон нэмэгдэнэ (зураг 7.2). Хэрэв хоёр хар нүх мөргөлдөн нэг болон нийлбэл үйл явдлын хаяавчийн талбай хар нүхнүүдийн хаяавчуудын нийлбэрээс их болно, үгүй бол энэ нийлбэртэй тэнцүү байна (зураг 7.3). Үйл явдлын хаяавчийн талбай үл багасах нь хар нүхний боломжит үйлдэлд чухал хязгаарлалт болно. Би хийсэн нээлтээсээ болоод тэр шөнөдөө бараг унтаж чадахгүй болтлоо догдолж билээ. Маргааш нь Рожер Пенроуз руу утасдлаа. Тэрээр надтай санал нийлж байв. Үнэндээ талбайн энэ шинж Пенроузд хэдийнэ тодорхой байжээ гэж би бодсон. Гэвч тэрээр хар нүхний талаар нилээд өөр тодорхойлолтыг үндэс болгосон юм. Хоёр тодорхойлолтын илэрхийлж буй хар нүхний хилүүд ижил байгааг иймд хар нүхийг тогтоон барьдаг хүрээ яваандаа үл өөрчлөгдөх төлөвт орно гэдгийг тэрээр ойлгоогүй.



зураг 7.2,3

Хар нүхний хүрээ багасдаггүй нь физикийн нэгэн хэмжигдэхүүн, системийн эмх замбараагүйн хэмжээ болох энтропийн үйлдлийг ихээхэн санагдуулна. Эмх замбараагүйг зөнд нь орхивол үргэлж даамжирдагийг бид өдөр тутмынхаа туршлагаасаа мэднэ. (Гэрээ цэвэрлэхээ л больчих, үүнд та нүдээрээ итгэх болно!) Эмх замбараагүйг эмх замбараатай болгож (жишээ нь гэрээ цэвэрлэж) болно, гэхдээ энэ нь чармайлт, энергийн зардал шаардана, иймд "эмхэлсэн" энергийн

байх ёстой хэмжээ багасна. Үүний тодорхой томъёоллыг термодинамикийн хоёрдугаар хууль гэдэг. Энэ хууль тус тусдаа системийн эмх замбараагүй үргэлж нэмэгддэг, хоёр системийг нэг болгон нэгтгэх үед системийн бүрэн энтропи тусдаа анхны системүүдийн энтропийн нийлбэрээс их байна гэж өгүүлдэг. Жишээ болгон саван дахь хийн молекулын системийг авч үзье. Молекулуудыг хором тутамд өөр хоорондоо мөргөлдөж, савны хананд ойж байгаа биллъардын жижигхэн бөмбөгнүүд гэж бодож болно. Хийн температур их байх тусам молекулууд төдий хурдан хөдөлнө, тэгэхээр тэд савны ханыг улам хүчтэй цохиж, савны хананд тэдний үзүүлэх дотоод даралт тийн их болно. Эхлээд бүх молекулууд савны зүүн талд таславчийн цаана байсан болог. Таславчийг авбал молекулууд тэр талаасаа гарч савны нөгөө тал руу тархана. Хэсэг хугацааны дараа бүх молекул баруун эсвэл ахиад зүүн талд санамсаргүйгээр байрлаж болох ч савны хоёр талд бараг тэнцүү тоогоор байрлах магадлал маш их юм. Ийм байдал бага эмхлэгдсэн байна өөрөөр хэлбэл нэг талд бүх молекул байсан анхны байдлаас илүү эмх цэгцгүй байдалтай байна, ингээд хийн энтропи нэмэгдлээ гэж ярьцгаадаг. Энэчлэн нэг нь хүчилтөрөгчийн молекултай, нөгөө нь устөрөгчийн молекултай хоёр сав эхлээд байсан гэж бодъё. Хэрэв савнуудыг нэгтгэж, нийлсэн ханыг нь авбал хүчилтөрөгч, устөрөгчүүд өөр хоорондоо холилдоно. Хэсэг хугацааны дараа хоёр савны аль алинд нь хүчилтөрөгч, устөрөгч хоёрын нэгэн төрөл холимог байх нь нилээд магадлалтай. Энэ нь тэгэхдээ хоёр тусдаа саванд тохирох анхны эмх замбараагүйгээс их эмх замбараагүй бүхий бага эмхлэгдсэн байдал болно.

Термодинамикийн хоёрдугаар хууль нь таталцлын тухай Ньютоны хууль мэтийн шинжлэх ухааны бусад хуулиас нилээд өөр байр суурьтай. Яагаад гэвэл тэр нь бүх тохиолдолд биш, харин дийлэнх олонх тохиолдолд л биелдэг юм. Эхний саван дахь хийн бүх молекул хэсэг хугацааны дараа энэ савны нэг талд байрлах магадлал нэгийг олон саяын саяд хуваасантай тэнцүү боловч энэ нь биелж болно. Хэн нэг нь хар нүхний ойр орчимд байвал хоёрдугаар хуулийг бүр амархан алдуулах бололтой. Хий агуулсан сав шиг их энтропитой бодисыг хар нүх рүү чулуудахад л хангалттай. Тэр үед хар нүхний гаднах бодисын бүрэн энтропи багасна. Хар нүхний доторх энтропийг багтаасан бүрэн энтропи багасаагүй гэж эсэргүүцэж болох ч хар нүхний доторхийг харах ямар ч арга үгүй тул түүний доторх энтропи хэр их байхыг мэдэж ч чадахгүй. Тэгэхээр хар нүхийг гаднаас нь ажиглагч нар түүний энтропийг тодорхойлж чадах, хар нүхэнд энтропи агуулсан бодис унах бүрт өсдөг байхаар тийм ямар нэг шинж хар нүхэнд байсан бол аятай байхсан. Өмнө дурдсанчлан хар нүхэнд бодис унах үед үйл явдлын хаяавчийн талбай нэмэгддэгийг нээсний дараа Принстоны аспирант Жекоб Бикенштейн хар нүхний энтропийн хэмжээг үйл явдлын хаяавчийн талбайгаар тооцохыг санал болгосон юм. Хар нүхэнд энтропи агуулсан бодис унах үед хар нүхний үйл явдлын хаяавчийн талбай өсдөг болохоор хар нүхний гадна орших бодисын энтропийн нийлбэр ч, үйл явдлын хаяавчийн талбай ч багасахгүй.

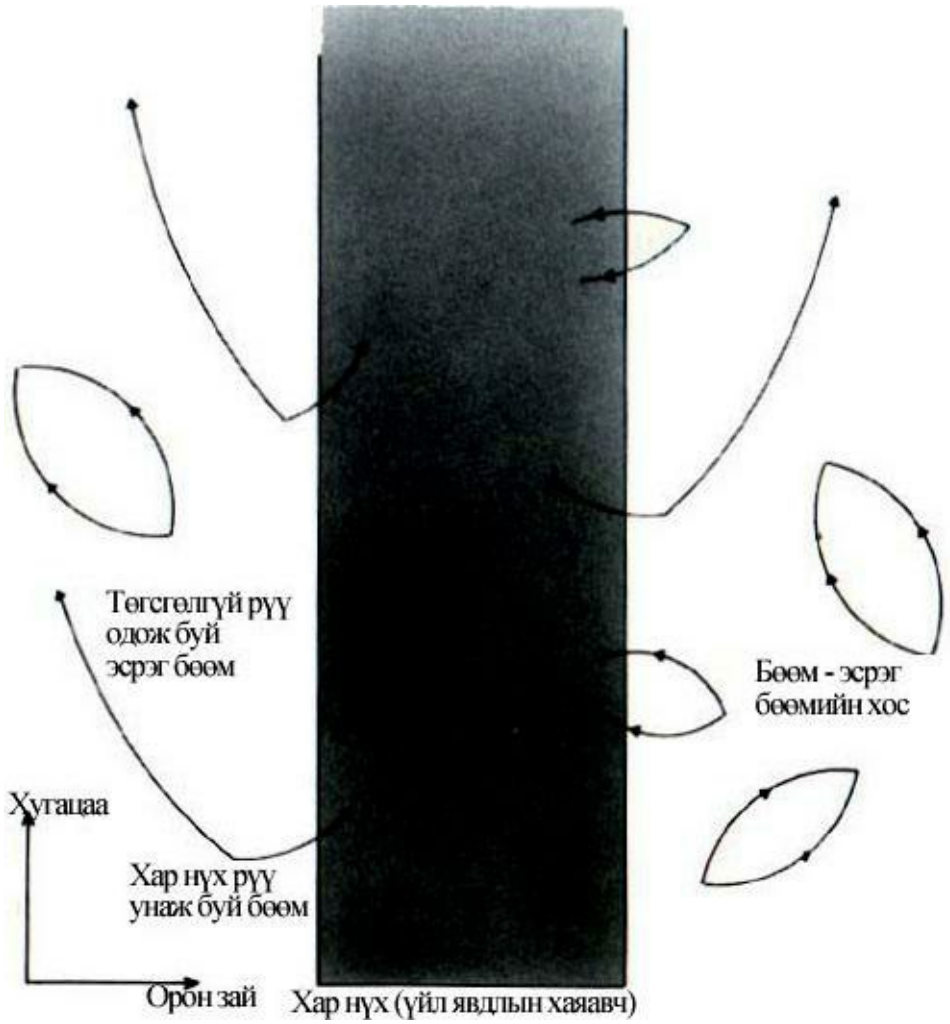
Ийм санал термодинамикийн хоёрдугаар хууль гажууддагаас ихэнх тохиолдолд сэргийлэх бололтой. Гэтэл сүрхий нэг эсэргүүцэл байна. Хэрэв хар нүх эптропитой байдаг бол тэрээр тодорхой температуртай байх ёстой. Тэр бие температуртай л бол тодорхой хэмжээний цацраг цацруулах ёстой. Галд шилээгүүр хийвэл тэр нь улайсч гэрэлтдэгийг бид бүгдээрээ мэднэ. Бүр бага температуртай бие ч цацраг цацруулдаг боловч сул цацралтаас нь болоод үүнийг ер ажигладаггүй юм. Энэ цацралт нь термодинамикийн хууль алдагдахгүй байхад хүрэлцэнэ. Тэгэхээр хар нүх цацраг цацруулах ёстой. Гэвч үндсэн тодорхойлолт ёсоор хар нүх нь юу ч цацруулдаггүй бие гэж тооцогддог. Иймээс хар нүхний үйл явдлын хаяавчийн талбайг түүний энтропи шигээр авч үзэж болохгүй гэсэн сэтгэгдэл төрж байлаа. 1972 онд би Брендон Картер болон Америк анд Жим Бардин нартай хамтран энтропи, үйл явдлын хаяавчийн талбай хооронд ихээхэн төсөө байгаа ч дээр дурдсан хүндрэл заавал тохиолдоно гэдгийг өгүүлсэн хамтын бүтээл

бичлээ. Үйл явдлын хаяавчийн талбай нэмэгдэх тухай нээлтийг маань буруугаар ашигласан мэт надад санагдсан Бикенштейны ажлаас үүдсэн бухимдлын нөлөөгөөр энэ өгүүллийг бичсэнээ хүлээх хэрэгтэй. Бикенштейн ямар аргаар гэдгийг нь төсөөлөөгүй байсан ч эцсийн дүндээ зарчмын хувьд түүний зөв болж хувирсан билээ.

1973 оны есөн сард, Москвад байхдаа Зөвлөлтийн тэргүүний хоёр эрдэмтэн Яков Зельдович, Александер Старобинский нартай хар нүхний талаар ярилцсан юм. Квант механикийн тодорхойгүйн зарчим ёсоор эргэдэг хар нүхнүүд бөөмсийг төрүүлж, цацруулах ёстой гэдэгт тэд намайг итгүүлсэн. Физик талын үндэслэгээнүүдэд нь итгэж байсан ч цацралтыг тооцсон математик арга нь надад таалагдаагүй. Ингээд би математикийн зохих арга боловсруулахаар ажиллаж үүнийгээ 1973 оны арван нэгэн сарын сүүлээр Оксфордод болсон албан бус семинар дээр тайлагнасан юм. Харин хэр их цацраг цацрахыг тэр үед тооцоолон бодож амжаагүй байв. Би Зельдович, Старобинский нарын таамаглаж байсанчлан эргэдэг хар нүхний цацрагийг илрүүлнэ гэж найдаж байлаа. Гэвч тооцоо дуусч, гайхах, харамсах зэрэгцэн, эргэдэггүй хар нүхнүүд ч бөөмсийг тогтмол хэмжээгээр үүсгэж, цацруулах ёстойг илрүүлсэн юм. Миний ашигласан ойролцоо утгын нэг нь буруу байсан байх гэж эхлээд бодсон. Хэрэв үүнийг Бикенштейн бодож олсон бол надад ерөөс таалагддаггүй хар нүхний энтропийн тухай эрэгцүүлэлдээ нэмэлт үндэслэгээ болгон ашигласан байх вий гэдгээс л би айж байлаа. Гэвч эрэгцүүлэх тусмаа миний ашигласан ойролцоо утгууд биелэх ёстойд улам бат итгэх болов. Гэхдээ цацарсан бөөмсийн спектр халуун биетийн цацрагийн спектертэй яг адил байх ёстой, хар нүхнүүд бөөмсийг термодинамикийн хоёрдугаар хуулийг алдагдуулахгүй хэмжээгээр цацруулах ёстой байсан нь цацралт үнэхээр байгаа гэдэгт нэг мөр итгүүлсэн юм. Тэр үед олон хүн янз бүрийн аргаар энэхүү тооцоог давтаж, хар нүх нь их масстай байх тусмаа бага температуртай байх, зөвхөн массаасаа хамаарах температуртай халуун биет мөн юм бол бөөм, цацрагийг цацруулах ёстойг баталсан билээ.

Үйл явдлын хаяавчин дотроос юу ч гардаггүйг бид мэдэж байхад хар нүх бөөмсийг хэрхэн цацруулах болж байна аа? Хариулт нь квант механик бидэнд бөөмс хар нүхнээс биш, харин үйл явдлын хаяавчийн гаднах "хоосон" зайнаас гарч ирдэг гэж хэлдэгт оршино! Үүнийг хэрхэн ойлговол зохих вэ? "Хоосон" орон зай гэж төсөөлж байгаа болохоос тэр нь огт хоосон гэсэн үг биш, яагаад гэвэл энэ нь таталцлын болон цахилгаан-соронзон гэх мэт бүх орон түүний хүрээнд тэгтэй тэнцэнэ гэдгийг л тэмдэглэж байгаа хэрэг. Гэхдээ оронгийн эзэлхүүн болон яваандаа түүний өөрчлөгдөх хурд хоёр нь бөөмийн байрлал, хурд хоёртой адилхан байна. Тодорхойгүйн зарчим ёсоор эдгээр хэмжигдэхүүний нэг нь хэдий тодорхой байна, нөгөө нь төдий тодорхойгүй байна. Иймд "хоосон" орон зайд орон нь тогтмол тэг утгатай байж чадахгүй, учир нь тэр үед тодорхой (тэг) эзэлхүүн, өөрчлөлтийн тодорхой (бас тэг) хурдтай болох юм. Оронгийн эзэлхүүнд хамгийн бага тодорхойгүй буюу квант флуктуациуд байх ёстой. Эдгээр флуктуацийг нэгэн цагт хамтдаа үүсч, салаад дараа нь ахин уулзаж бис биенээ харилцан үгүй хийдэг гэрлийн эсвэл таталцлын хос бөөм мэтээр төсөөлж болно. Энэ бөөмс нарны таталцлын хүчийг зөөдөг бөөмс шиг виртуаль байна. Бодит бөөмсөөс ялгаатай нь виртуаль бөөмсийг бөөм бүртгэгчээр ажиглаж болдоггүй. Гэхдээ виртуаль бөөмсийн үүсгэж байгаа дам нөлөөнүүдийг жишээ нь, атомын доторх электроны тойрог замын энергийн багахан өөрчлөлтийг хэмжиж болох бөгөөд үр дүн нь онолын таамаглалтай гайхалтай нарийн таардаг юм. Тодорхойгүйн зарчим электрон эсвэл кварк шиг бодисын бөөмийн аналоги виртуаль хос нь бас оршин байдгийг урьдчилан хэлдэг. Гэхдээ энэ тохиолдолд хосын нэг гишүүн нь бөөм, нөгөө гишүүн нь эсрэг-бөөм байна (гэрэл болон таталцлын эсрэг-бөөмс нь бөөмстэйгөө адил байдаг). Энерги оргүйгээс үүсдэггүй болохоор бөөм/эсрэг-бөөм хосын нэг гишүүн нь эерэг, нөгөө нь сөрөг энергитэй байна. Сөрөг энергитэй

нь богино настай виртуаль бөөм байх болно, яагаад гэвэл хэвийн нөхцлүүдэд бодит бөөмсийн энерги үргэлж эерэг байдаг. Тэгээд тэрээр өөрийн хослогчийг олж, түүнтэй мөргөлдөн харилцан үгүй болох ёстой. Гэхдээ масс ихтэй биеийн ойролцоо орших бодит бөөмс түүнээс хол байгаагаасаа бага энергитэй байна, учир нь биеийн таталцлын хүчийг даван туулж, түүнээс зай барьж байхын тулд хол байгаа нь илүү энерги зарцуулдаг. Ер нь бөөмсийн энерги эерэг байдаг, харин хар нүхний доторх таталцлын орон л бодит бөөмс нь сөрөг энергитэй байхаар тийм хүчтэй байна. Иймд хар нүх байдаг бол сөрөг энергитэй виртуаль бөөмс хар нүхэнд унаж, бодит бөөм эсвэл эсрэг-бөөм болон хувирах боломж бий. Энэ тохиолдолд тэрээр хослогчтойгоо мөргөлдөж устах ер албагүй. Орхигдсон хослогч нь тэр хар нүхэнд түүн шиг унах болно, эсвэл түүний энерги эерэг бол хар нүхний ойр орчмоос бодит бөөм эсвэл эсрэг-бөөм болон тарах болно (зураг 7.4). Холын ажиглагч нарт энэ нь хар нүхнээс цацарч байгаа мэт харагдах ажээ. Хар нүх бага байх тусам сөрөг энергитэй бөөм бодит бөөм болон хувирах хүртлээ туулах ёстой зай нь төдий бага болно, иймд цацралтын хурд, хар нүхний зохих температур төдий их байна.



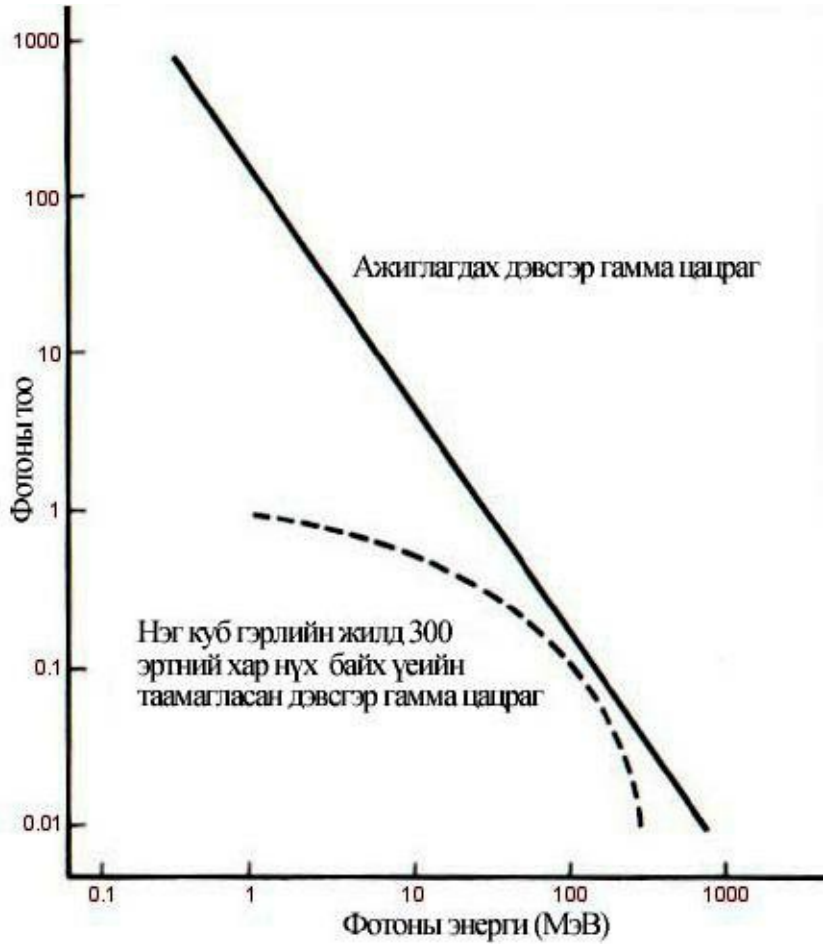
зураг 7.4

Цацаргалтын эерэг энерги нь хар нүх рүү чиглэсэн, сөрөг энерги бүхий бөөмсийы урсгалтай тэнцүү байна. Эйнштейний E=mc^2 (E-энерги, m-масс, c-гэрлийн хурд) томъёо ёсоор энерги масстай шууд пропорциональ болохоор хар нүх рүү орж байгаа сөрөг энергийн урсгал түүний массыг хорогдуулна. Хар нүх массаа алдах үед үйл явдлын хаяавчийн талбай багасах боловч хар нүхний энтропийн энэ багасалт нь цацарсан цацрагийн энтропиор термодинамикийн хоёрдугаар хууль хэзээ ч алдагдахгүйгээр нөхөгддөг.

Түүнээс гадна хар нүхний масс бага байх тусам түүний температур улам өндөр байна. Иймд хар нүх массаа алдахад түүний температур, цацралтын хурд нь өсдөг, тэгээд массын алдагдал бүр хурдан явагдана. Хар нүхний масс эцсийн эцэст маш бага болоход юу тохиолдох нь огт тодорхойгүй байгаа хэдий ч хар нүх устөрөгчийн бөмбөгний хэдэн сая тэсрэлттэй тэнцүү, цацрагийн сүүлчийн маш их дүрсхийлтээр бүрэн үгүй болно гэж төсөөлөх нь илүү учир утгатай байна. Нарны массыг хэд дахин авсантай тэнцүү масстай хар нүхний температур үнэмлэхүй тэгээс дээш, нэгийг арван саяд хуваасантай тэнцүү градус байх ёстой. Энэ нь орчлон ертөнцийг дүүргэсэн бичил-долгионы цацрагийн (үнэмлэхүй тэгээс дээш 2,7° орчим) температураас нилээд бага юм. Иймд хар нүхнүүд шингээсэнээсээ ч бага цацаргалт хийх ёстой. Хэрэв орчлон ертөнц мөнхөд тэлэх тавилантай бол бичил-долгионы цацрагийн температур нь хар нүхний температураас бага болтлоо буурч хар нүх массаа алдаж эхлэнэ. Ийм байлаа ч тэрээр ор мөргүй ширгэтлээ саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын сая (нэгийн ард жаран зургаан тэг бүхий) жил зарцуулах юм. Энэ нь дөнгөж арав эсвэл хорин мянган сая (нэгийн эсвэл хоёрын ард арван тэг бүхий) жилийн настай орчлон ертөнцийн нас сүүдрээс нилээд давдаг. Гэвч зургаадугаар бүлэгт өгүүлсэнчлэн маш эрт үеийн орчлон ертөнцийн нэгэн хэвийн биш байдлаас үүссэн хумилтын үр дүнд бий болсон маш бага масстай эртний хар нүхнүүд оршин байж болно. Тийм хар нүхнүүд бүр ч өндөр температуртай байх ёстой бөгөөд маш их хэмжээний цацрагийг цацруулах естой. Мянган сая тонн анхны масс бүхий эртний хар нүхний амьдралын хугацаа орчлон ертөнцийн настай бараг тэнцүү байх учиртай.

Анхны масс нь бага байсан эртний хар нүхнүүд хэдийнэ ширгэсэн байх ёстой ч үл ялиг их анхны масстай байсан нь рентген болон гамма цацрагийг цацруулж байх учиртай. Энэ цацраг гэрлийн долгионтой адил боловч долгионы уртаараа маш богино байдаг. Иймэрхүү нүхэнд хар гэсэн нэр тохирох бол уу, үнэндээ тэд улайстлаа халсан бөгөөд арван мянган мегаватт орчим энергийг цацруулна. Хэрэв бид энергийг нь ашиглаж чаддагсан бол тийм хар нүх арван том цахилгаан станцийн ажиллагааг хангаж чадах юм. Харин энэ нь нилээд хэцүү бололтой учир нь хар нүх маань нэг инчийг саяын саяд хуваасанаас бага болтол өөрөөр хэлбэл атомын цөмийн хэмжээнд хүртэл агшсан уулын масстай тэнцүү масстай байна! Нэг тийм хар нүх дэлхийн гадар дээр байсан бол дэлхийн төв хүртэл нэвт унахыг нь бид яагаад ч зогсоож чадахгүй. Тэрээр дэлхийн гүн рүү эцсийн эцэст түүний төв дээр саатах хүртлээ урагш, хойш өнхөрөх байсан. Иймд энэ хар нүхнээс цацарсан энергийг ашиглаж болохоор цорын ганц газар нь дэлхийг тойрсон тойрог зам, харин энэ тойрог замд хар нүхийг оруулах цорын ганц арга нь илжигний өмнө лууван өлгөж явуулдаг шиг түүний өмнө маш их масс бий болгон чирэх явдал юм. Ийм санал хэтэрхий бодитой биш, ядаж ойрын ирээдүйд бодитой биш нь харагдаж байна. Эртний эдгээр нүхний цацрагийг ашиглаж чаддаггүй юм байж, харин тэднийг харах боломж бий юу? Амьдралынхаа ихэнх хэсгийн туршид эртний хар нүхнүүдийн цацруулсан гамма цацрагийг хайж болохоор байна. Хар нүхнүүд ерөнхийдөө хол байдаг болохоор маш сул цацраг өгдөг, гэхдээ бүх хар нүхний нийлбэр цацраг бүртгэлд өртөж болох юм. Бид ийм дэвсгэр гамма-цацрагийг (background of gamma rays) үнэхээр ажигласан. Цацрагийн ажиглагдах эрчим янз бүрийн давтамжийн (давтамж бол секунд дэх долгионы тоо) үед хэрхэн өөрчлөгдсөнийг 7.5-р зурагт үзүүлэв. Гэхдээ энэ дэвсгэр цацрагийг эртний хар нүхнүүд биш, харин ямар нэг өөр үзэгдэл үүсгэсэн байж болно. 7.5-р зурагт тасархай шугамаар нэг куб гэрлийн жилд дунджаар 300 эртний хар нүх байсан бол тэдний цацруулах гамма-цацрагийн давтамжаар тэрхүү цацралт хэрхэн өөрчлөгдөх ёстойг үзүүлсэн юм. Иймд дэвсгэр гамма-цацрагийн судалгаа эртний хар нүхний хувьд эерэг ямарч нотолгоо өгөхгүй байгаа боловч орчлон ертөнцөд нэг куб гэрлийн жил тутамд дунджаар 300-аас олон хар нүх байж болохгүй үзүүлж байна хэмээн хэлж болно. Энэ хязгаарлалт эртний хар нүхнүүд хамгийн ихдээ орчлон ертөнц дэх бүх биеийн саяны нэгийг бүрдүүлж чадахаар юм

гэдгийг илэрхийлдэг. Ийм ховор тооны хар нүхний үед тэдний нэг нь бидэнд гамма-цацрагийн тусгаар нэг үүсгүүр гэж ажиглагдахаар тийм ойр байх боломжгүй юм. Гэхдээ таталцлын үйлчлэлээр эртний хар нүхнүүд аливаа биеийг татдаг болохоор тэд галактикийн дотор болон галактикийг тойрон ердийнхөөс олон байх ёстой. Иймд дэвсгэр гамма-цацраг нэг куб гэрлийн жилд дунджаар 300-гаас илүү хар нүх байж болохгүйг өгүүлж байгаа ч тэрээр манай өөрийн галактик дээр хичнээн эртний хар нүх байх ёстой талаар юу ч өгүүлдэггүй. Хэрэв тэд магадгүй сая дахин их байсан бол бидэнд хамгийн ойр хар нүх мянган сая километрийн зайд буюу мэдэгдсэн гарагуудаас хамгийн хол нь болох Плутоны орчимд байхаар юм. Ийм зайд түүний хүч чадал арван мянган мегаватттай тэнцүү байсан ч хар нүхний тогтмол цацрагийг тэмдэглэх нь маш хүндрэлтэй хэвээр байна. Эртний хар нүхийг ажиглахын тулд нэг зүгээс тодорхой хугацааны жишээ нь, долоо хоногийн дотор ирдэг нилээд хэдэн гамма-квантыг бүртгэх хэрэгтэй. Үүнээс өөрөөр бол тэд дэвсгэр цацрагийн жирийн хэсэг байх болно. Гэхдээ гамма цацраг маш өндөр давтамжтай болохоор гамма-квант бүхэн маш их энергитэй байна, иймд арван мянган мегаваттыг цацруулахын тулд их олон квант шаардагдахгүй гэж квантын тухай Планкийн зарчим өгүүлдэг. Харин Плутоны дайтай зайнаас ирэх хэдхэн квантыг ажиглахад гамма-цацрагийн одоо байгаа аль ч бүртгэгчээс нилээд том хэмжээний бүртгэгч хэрэг болно. Түүнээс гадна гамма-цацраг агаар мандлыг нэвтэлдэггүй болохоор энэ бүртгэгчийг сансарт байрлуулах хэрэгтэй.



зураг 7.5

Хэрэв Плутоны зайд байгаа хар нүх амьдралын мөчлөгөө дуусган тэсэрсэн бол цаиаргалтын сүүлчийн дүрсхийлтийг хялбархан гэгч бүртгэж болох байсан нь мэдээж. Гэвч хар нүх сүүлийн арав эсвэл хорин мянган сая жилийн турш цацарсаар байгаа бол тэрээр өнгөрсөн эсвэл ирээдүйн хэдэн сая жилд биш, харин ойрын хэдэн жилийн дотор амьдралын төгсгөлдөө хүрэх боломж үнэхээрийн бага! Тэгэхээр сорил туршилтын санхүүжилт барагдахаас өмнө нэг ч болов

тэсрэлтийг харах бодит боломжтой байхын тулд та нэг гэрлийн жилийн дайтай зайд болсон тэсрэлтийг хэрхэн бүртгэхээ бодох ёстой. Тэсрэлтийн үед үүссэн гамма-квантын зарим нэгийг бүртгэхийн тулд гамма-цацрагийн том бүртгэгч хэрэгтэй хэвээрээ л байна. Гэхдээ энэ удаад бүх гамма-квант нэг зүгээс ирж байгаа эсэхийг шалгах хэрэг байхгүй учир нь тэдний үүсгүүр нь нэг л дүрсхийлт гэдэгт итгэлтэй байхын тулд тэд бүгдээрээ маш богино хугацаанд бүртгэгдсэн гэдгийг мэдэхэд л хангалттай юм.

Эртний хар нүхнүүдийг таньж чадах гамма-цацрагийн нэг бүртгэгч нь дэлхийн агаар мандал юм. (Ямарч тохиолдолд үүнээс том хэмжээний бүртгэгч байгуулж чадах нь юу л бол!) Их энергитэй гамма-квант дэлхийн агаар мандалд атомтай мөргөлдөхдөө электрон, позитроны(эсрэг-электроны)хосыг төрүүлдэг. Эдгээр нь бусад атомтай мөргөлдөхдөө мөн л электрон-позитроны бүр олон хосыг үүсгэдэг бөгөөд ингэж электроны гэгдэх бороо үүсдэг. Үр дүнд нь Черенковын гэдэг гэрлийн цацраг үүснэ. Ингэхлээр гамма-цацрагийн дүрсхийлтийг шөнийн тэнгэр дэх гэрлийн гялсхийлтийг ажиглан бүртгэж болно. Тэнгэр огторгуйд гялсхийлт дагалдуулдаг аянга болон тойрог замаар эргэж буй хиймэл дагуул, сансарт хаягдсан зүйл дээр нарны гэрэл туссанаас үүсэх ойлт зэрэг өөр үзэгдлүүд байдаг нь мэдээж. Бие биеэсээ алслагдсан хоёр буюу түүнээс дээш тооны цэгээс нэгэн зэрэг ажиглалт явуулан эдгээр үзэгдлээс гамма-цацрагийн гялсхийлтийг ялгаж болно. Ийм хайгуулыг Аризонд Дублины хоёр эрдэмтэн Нил Портер, Тревор Викс нар хийжээ. Огторгуйн дуран авайн тусламжтайгаар тэд хэд хэдэн гялсхийлтийг илрүүлсэн ч тэдний нэгийг нь ч эртний хар нүхнүүдийн гамма-цацрагийн гялсхийлт гэж тодорхой тэмдэглэж боломгүй байсан юм.

Эртний хар нүхнүүдийн хайгуул сөрөг үр дүнтэй гарч байгаа ч гэсэн энэ нь бидэнд орчлон ертөнцийн хөгжлийн маш эрт үеийн тухай чухал мэдээллийг өгсөнөөс өөрцгүй. Хэрэв эртний орчлон ертөнц эмх замбараагүй, тогтворгүй байсан бол эсвэл бодисын даралт бага байсан бол дэвсгэр гамма-цацрагийн ажиглалтын өгсөн тэр хязгаарлалтаас нилээд олон тооны хар нүх үүснэ гэж үзэж болох юм. Хар нүхнүүд ажиглагдам олон тоогоор байхгүй байгааг эртний орчлон ертөнц бодисын өндөр даралттай маш тэгш, нэгэн төрлийн байсан тэр тохиолдлоор л тайлбарлаж болно.

Хар нүх цацраг цацруулж чадах тухай дүгнэлт манай зууны хоёр агуу онол болох харьцангуйн ерөнхий онол, квант механик хоёроор тодорхойлогдох таамаглалуудын анхны жишээ юм. Энэ дүгнэлт "Хар нүх юуг ч цацруулдаггүй" гэсэн олонд түгсэн төсөөлөлтэй эрс зөрж байсан учраас эхэндээ хүчтэй эсэргүүцэлтэй тулгарч байв. Оксфордод Резерфордын лабораторид болсон бага хуралд намайг үр дүнгээ анх зарлаж байх үед түүнд бүгд л үл итгэсэн байртай хандаж байсан юм. Илтгэлийн дараа хурлын дарга, Лондонгийн Вангийн коллежийн Жон Тейлор энэ бол утгагүй зүйл гэж зарлаж байлаа. Тэрээр миний бурууг нотлохын тулд өгүүлэл хүртэл бичсэн. Гэвч эцсийн эдэст ихэнх нь түүний дотор Жон Тейлор ч хэрэв харьцангуйн ерөнхий онол, квант механикийн үндсэн бүх үндэслэл үнэн л бол хар нүх халуун биет шиг гэрэлтэх ёстой гэсэн дүгнэлтэнд хүрсэн билээ. Иймд бид эртний хар нүхийг олж чадаагүй ч түүнийг гэнэт олбол хар нүх хүчтэй гамма-рентген цацраг цацруулж байх ёстойд бүрэн итгэлтэй байна.

Хар нүхний цацруулсан цацраг оршин байх тухай дүгнэлт таталцлаас болсон хумилт бидний өмнө нь бодож байсан шиг тийм эцсийн, эргэлт буцалтгүй биш болохыг заах бололтой. Сансрын нисгэгч хар нүхэнд унавал хар нүхний масс нэмэгдэнэ, гэвч эцсийн эцэст нэмэлт энэ масстай тэнцүү энерги орчлон ертөнцөд цацрагийн байдалтайгаар эргэн ирнэ. Энэ утгаараа сансрын нисгэгч "нөхөн төлөгдөнө". Гэвч сансрын нисгэгч хар нүхний дотор урагдан орох үед цаг

хугацааны талаарх түүний төсөөлөл үгүй болох учраас энэ нь үхэшгүй мөнхийн хамгийн дорд хувилбар бололтой дог! Хар нүхнээс сансрын нисгэгчийн массын оронд цацарсан бөөмсийн төрөл нь ч нисгэгчийг бүрдүүлдэг бөөмөөс ерөнхийдөө ялгаатай байна. Сансрын нисгэгчийг орлохуйц цорын ганц шинж нь түүний масс эсвэл энерги юм.

Хар нүхний цацрагийн тооцоонд миний ашигласан ойролцоо утгууд хар нүхний масс граммын хувь хэсгээс их байхад сайн биелэх учиртай, гэхдээ масс нь маш бага болсон хар нүхний амьдралын төгсгөлд тэд биелэхгүй. Магадгүй нэн магадлалт төгсгөл бол хар нүхнүүд дор хаяж орчлон ертөнц дэх бидний амьдарч буй энэхэн мужаас зүгээр л алга болох явдал. Үгүй болохдоо тэрээр өөртэйгөө хамт сансрын нисгэгчийг ч, өөр дээрээ байж болох аливаа онцгой цэгээ ч хаман одно. Энэ бол харьцангуйн ерөнхий онолын таамаглаж байсан онцгой цэгүүдийг квант механикаар арилгах, боломжийн анхны заавар юм. Гэхдээ 1974 онд миний болон бусад эрдэмтдийн хэрэглэсэн аргууд квантын таталцалд онцгой цэгүүд илрэх үү гэх мэтийн асуултанд хариулт өгч чадахгүй байлаа. Иймд 1975 оноос би түүхийн нийлбэрийн тухай Ричард Фейнманы санаан дээр үндэслэн квант таталцлыг авч үзэх илүү хүчирхэг хандлагыг боловсруулахаар оролдож эхэлсэн юм. Тийм хандлагаар орчлон ертөнцийн үүсэл, хувь заяаны тухай, сансрын нисгэгч гэх мэт бүрдэл хэсгийнх нь тухай асуултуудад олсон хариуг дараагийн хоёр бүлэгт өгүүлэх болно. Тодорхойгүйн зарчим бидний бүх таамаглалын нарийн тодорхой байдалд хязгаарлалт тавихын хамт орон-цагийн онцгой цэгүүд дээр үүсэх урьдаас үл хэлэгдэх суурь шинжийг арилгаж магадгүй байгааг бид бас олж үзнэ.

Наймдугаар бүлэг

Орчлон ертөнцийн үүсэл, мөхөл

Орон-цаг нь их тэсрэлтийн онцгой цэгт үүссэн, харин төгсгөлөө (хэрэв орчлон ертөнц бүхэлдээ эргэн хумигдвал) их хаагдалтын онцгой цэгт болон (хэрэв од маягийн тодорхой нэг хэсэг хумигдвал) хар нүхний доторх онцгой цэгт олно гэсэн дүгнэлт Эйнштейний харьцангуйн онолоос аяндаа урган гардаг. Тийм нүх рүү унасан аливаа бодис онцгой цэгт мөхөх бөгөөд түүний массын таталцлын нөлөө л гадна талд нь мэдэгдэх болно. Нөгөө талаас квантын нөлөөнүүдийг тооцон үзэх үед орчлон ертөнцийн үлдсэн хэсэгт бодисын масс эсвэл энерги эргэн ирж, харин хар нүх онцгой цэгийнхээ хамт ширгэн, ор мөргүй алга болох ажээ. Их тэсрэлт, их хаагдалтын онцгой цэгүүдэд квант механик адилхан нөлөө үзүүлж чадах уу? Таталцлын орон квантын нөлөөнүүдийг амсахгүй өнгөрч болохгүйгээр тийм хүчтэй байх, орчлон ертөнцийн хөгжлийн маш эртний болон хожуу шатанд яг юу тохиолдох бол? Орчлон ертөнц үнэхээр эхлэл, төгсгөлтэй юу? Эхлэл, төгсгөлтэй бол тэдгээр нь ямар байх бол?

1970-аад оны туршид би үндсэндээ хар нүхний судалгааг явуулсан, гэхдээ 1981 онд Ватиканд эцэг-иезуитуудын зохион байгуулсан, орчлон судлалын талаарх бага хуралд оролцож байх үед орчлон ертөнцийн үүсэл, мөхлийн тухай асуудлыг сонирхох сонирхол маань надад ахин төрсөн юм. Католик Сүм Хийдийнхэн нар дэлхийг тойрон эргэдэг гэж зарласан хуульдаа шинжлэх ухааны асуудлыг захируулахыг оролдохдоо Галилейтэй харилцах харилцаандаа том алдаа хийж байсан бол харин одоо хэдэн зууны дараа мэрэгжилтнүүдийг урин, орчлон судлалын талаар зөвлөгөө авахаар шийджээ. Бага хурлын төгсгөлд хуралд оролцогчдод пап бараалхан соёрхлоо.

Тэрээр их тэсрэлтийн дараах орчлон ертөнцийн хувьслыг судалж болно, харин яг их тэсрэлт рүү халдан орох хэрэггүй, яагаад гэвэл энэ бол Туурвилын агшин, Бурханы үйл байсан гэж хэлэв. Орон-цаг төгсгөлөг боловч хил хязгааргүй ингэхлээр түүнд эхлэл, Туурвилын агшин гэж байхгүй байх бололцоотой тухай миний тавьсан итгэлийн сэдвийг ч пап мэдээгүй байсанд би баяртай байлаа. Галилейг нас барсанаас хойш яг 300 жилийн дараа төрсөн хачирхалтай тохиолдолоороо ч болов Галилейтэй адил зүйл надад байгаа мэт санагддаг тэр хүнийхээ хувь тавиланг хуваалцмааргүй л байлаа!

Орчлон ертөнцийн үүсэл, мөхөлд квант механик хэрхэн нөлөөлөх талаар миний болон бусад хүний санааг тодруулах үүднээс "халуун их тэсрэлтийн загвар" гэгдэх загвар дээр үндэслэсэн орчлон ертөнцийн түүхийн зөвшөөрөгдсөн дүр зургийг эхлээд авч үзэх хэрэгтэй. Бидний үеэс их тэсрэлт хүртэлх орчлон ертөнц нь Фридманы нэг загвараар тайлбарлагдана гэж энэ загвар үздэг. Иймэрхүү загваруудад орчлон ертөнц тэлэхийн хэрээр түүн дээрх бодис, цацраг хөрнө гэж тооцдог юм. (Орчлон ертөнцийн хэмжээ хоёр дахин их болоход түүний температур хоёр дахин бага болно.) Температур бол бөөмсийн дундаж энергийн буюу хурдны хэмжээ учраас орчлон ертөнцийн хөрөлт бодисдоо хүчтэй нөлөөлөх ёстой. Маш өндөр температурт бөөмс цөмийн эсвэл цахилгаан-соронзон хүчнээс үүдсэн аливаа харилцан таталцлыг эсэргүүцэж чадахаар тийм хурдан хөдөлдөг боловч хөрөх үед зарим бөөм бие биедээ татагдан, нэгдэж эхлэнэ гэж бодож болно. Түүнээс гадна орчлон ертөнцөд байх бөөмсийн төрлүүд ч температураас хамаарах ёстой. Хангалттай их температурын үед бөөмсийн энерги ямарч мөргөлтийн үед бөөм/эсрэг-бөөмийн янз бүрийн хосыг үүсгэхээр тийм их байж тэдний зарим нь эсрэг-бөөмстэйгөө уулзан мөргөлдөж, харилцан бие биенээ устгадаг боловч тэдний үүсэх нь устахаасаа хурдан байх юм. Гэхдээ мөргөлдсөн бөөмсийн энерги бага байх, бага температурын үед бөөм/эсрэг-бөөмийн

хосууд удаан боловсорч, устах нь үүсэхээсээ түргэн явагдана.

Их тэсрэлтийн агшинд орчлон ертөнцийн хэмжээ тэгтэй тэнцүү, харин өөрөө төгсгөлгүй халуун байсан гэж үздэг. Гэхдээ тэлэхийн хэрээр цацрагийн температур буурсан байна. Их тэсрэлтээс хойш хоромын дараа температур бараг арван мянган сая градус хүртэл унасан. Энэ нь нарны төв дэх температураас бараг мянга дахин их боловч ийм өндөр температурт устөрөгчийн бөмбөгний тэсрэлтийн үед хүрч болдог. Энэ үед орчлон ертөнцөд фотон, электрон, нейтрино (нейтрино бол зөвхөн сул болон таталцлын харилцан үйлчлэлд оролцдог тун өчүүхэн бөөм) болон тэдний эсрэг-бөөмс, мөн нилээд тооны протон, нейтрон байжээ. Орчлон ертөнц тэлэхийн хэрээр температур буурч, харилцан мөргөлтөөр электрон/ эсрэг-электроны хос үүсэх хурд нь устах хурднаасаа бага болно. Иймд бараг бүх электрон/эсрэг-электрон шинэ фотонуудыг үүсгэн бие биетэйгээ мөргөлдөн харилцан устах ёстой, ингээд үл ялиг илүүдэл электронууд үлдсэн байна. Гэтэл нейтрино/эсрэг-нейтрино өөр хоорондоо болон бусад бөөмтэй маш сул харилцан үйлчлэлцдэг учраас хоорондоо мөргөлдөн харилцан бие биенээ үгүй хийдэггүй ажээ. Иймд тэд өнөөдөр ч гэсэн бидний эргэн тойронд тааралдах ёстой. Хэрэв тэднийг ажиглаж болдогсон бол эртний, маш халуун орчлон ертөнцийн талаарх загварыг шалгах сайхан боломж гарах байлаа. Харамсалтай нь тэдний энерги өнөөдөр шууд ажиглагдамгүй тийм бага болсон байгаа. Гэхдээ нейтрино массгүй бөөм биш, харин 1981 онд Зөвлөлтийн эрдэмтдийн батлагдаагүй туршилтаар илэрсэн хувийн багахан масс бүхий байдаг бол бид тэднийг шууд илрүүлж чадах байсан. Өмнө дурдаж байсанчлан, орчлон ертөнцийн тэлэлтийг зогсоож, түүнийг эргүүлэн хумихад хүрэлцэх таталцлын хүч бүхий "харанхуй биеийн" нэг хэлбэр нь тэд байж болно.

Их тэсрэлтээс хойш бараг зуун секундын дараа температур хамгийн халуун одны дотоод температуртай тэнцэх мянган сая градус хүртэл буурчээ. Ийм температурын үед протон, нейтрон нь цөмийн хүчтэй таталцлыг эсэргүүцэхэд хүрэлцэх энергитэй байж чадахгүй бөгөөд тэд нэг протон, нэг нейтроноос тогтсон дейтерийн (хүнд устөрөгчийн) атомын цөмийг үүсгэн өөр хоорондоо нэгдэнэ. Дараа нь дейтерийн цөм хоёр протон, хоёр нейтроныг агуулсан гелийн цөмийг үүсгэхийн тулд илүү их тооны протон, нейтронтой мөн түүнчлэн лити, берилли мэтийн цөөн тооны хүнд элементүүдтэй нэгдсэн ажээ. Халуун их тэсрэлтийн загвар ёсоор протон, нейтроны дөрөвний нэг орчим нь гелийн атом, мөн нилээд тооны хүнд устөрөгч, бусад элемент болон хувирах естой гэж тооцож болно. Үлдсэн нейтронууд устөрөгчийн энгийн атомын цөм болох протонууд болон задарсан байна. Эрт үеийн халуун орчлон ертөнцийн энэ дүр зургийг эрдэмтэн Жорж Гамов өөрийн шавь Ральф Альферын хамт 1948 онд бичсэн алдарт бүтээлдээ дэвшүүлсэн юм. Гамов цөмийн физикч Ганс Бетед түүний нэрийг зохиогчдын нэрсийн жагсаалтанд грек цагаан толгойн эхний гурван үсэг альфа, бета, гамма шиг дуудагдах, орчлон ертөнцийн эхлэлийн тухай өгүүлэлд яг тохирох "Альфер, Бете, Гамов"-ийг бүтээхийн тулд нэмэхийг санал болгосон гэж хошигнож байжээ! Орчлон ертөнцийн хөгжлийн маш эртний шатанд цацарсан (фотоны төрлийн) цацраг өнөө хүртэл бидний эргэн тойронд байх ёстой, гэхдээ түүний температур үнэмлэхүй тэгээс дээш дөнгөж хэдхэн градус (-273 ° С) болтлоо буурсан гэсэн гайхалтай таамаглалыг тэд энэ өгүүлэлдээ хийсэн билээ. Энэ бол 1965 онд Пензиас, Вилсон нарын илрүүлсэн тэр цацраг юм. Альфер, Бете, Гамов гурвыг бүтээлээ бичиж байх үед протон, нейтрон оролцсон цөмийн урвалын талаар төдий л мэддэггүй байлаа. Иймд эртний орчлон ертөнцийн янз бүрийн элементийн харьцааны талаарх таамаглал нь төдий л тодорхой биш байсан ч тэрхүү тооцоо бидний одоогийн төсөөлөлтэй тохирсон төдийгүй өнөөдөр ажиглалттай маш сайн таарч байгаа юм. Түүнээс гадна орчлон ертөнцөд яагаад ийм их гелий байх ёстойг яагаад ч юм өөрөөр тайлбарлахад хэцүү байдаг. Иймд энэ дүр зураг зөв, ядаад их тэсрэлтээс хойш хоромын дараа үнэн байсан гэдэгт бид бүрэн итгэдэг.

Их тэсрэлтээс хойш хэдхэн цагийн дараа гелий болон бусад элементийн бий болох үйл явц зогссон, түүнээс хойш сая орчим жилийн турш орчлон ертөнц онцгой сонин зүйлгүйгээр зүгээр л тэлсэн ажээ. Эцэст нь температур хэдэн мянган градус хүртэл буурч, электрон хийгээд цөмүүд нь тэдний хооронд үйлчилдэг цахилгаан-соронзон таталтыг даван туулахад хүрэлцэх энергигүй болж, атомуудыг үүсгэн бие биетэйгээ нэгдсэн байна. Орчлон ертөнц бүхэлдээ тэлж, хөрсөөр байлаа, гэвч дундаас дээгүүр нягттай байсан мужуудад тэлэлт нь нэмэлт таталцлаас болоод удааширчээ. Ингээд эцэст нь зарим мужид тэлэлт зогсож, хумигдаж эхэлсэн аж. Хумигдах явцдаа эдгээр мужийн гадна байсан биесийн таталцлын үйлчлэлээр тэд удаан эргэж эхэлсэн байна. Хумигдаж байгаа мужийн хэмжээ багасахын хэрээр эргэлт нь мөсөн дээрх уран гулгагчийн эргэлт түүнийг гараа биедээ авах үед улам хурдасдаг шиг хурдассан. Эцэст нь хумигдаж байгаа хэсэг дэндүү бага болох үед эргэлтийн хурд нь таталцалтайгаа тэнцүү болж иржээ. Ингэж эргэдэг, дүгрэг хэлбэрт галактикууд үүссэн аж. Эргэж эхлээгүй мужууд зууван галактик гэгдэх гонзгой биетүүд болж хувирсан байна. Эдгээр мужийн хумилт галактикийн бусад хэсэг төвөө тойрон байнга эргэж байхад галактик нь үл эргэдэгээс болоод зогсчээ.

Галактикийн доторх устөрөгч, гелийн хий цагаа болоход өөрийн таталцлын үйлчлэлээр хумигдах бага хэмжээний хийн үүлс болон задарсан байна. Эдгээр үүл хумигдах үед тэдний доторх атомууд өөр хоорондоо мөргөлдөж хийн температур нэмэгдэн, эцэст нь цөмийн нэгдэх урвал эхлэхээр тийм хүчтэйгээр халжээ. Энэ урвалын үр дүнд устөрөгчөөс нэмэгдэл тооны гелий үүсч, ялгарсан дулааны улмаас даралт нэмэгдэн, хийн үүлс хумигдахаа больсон аж. Устөрөгчийг гелий болгож, ялгарсан энергийг нь дулаан, гэрэл болгон цацруулдаг манай нартай төстэй энэхүү төлөвт үүлс удаан оршсон байна. Илүү хүнд масстай оддын хувьд хүчтэй таталцалтайгаа тэнцэх үүднээс устөрөгчөө дөнгөж зуун сая жилийн дотор л шатаагаад дуусах тийм хурдтай цөмийн нэгдэх урвалыг явуулахаар хүчтэй халах хэрэг гарчээ. Халалт үргэлжилж гелий нь нүүрстөрөгч, хүчилтөрөгч мэтийн илүү хүнд элемент болж хувирах үйл явц эхэлсэн болохоор тэд үл мэдэг хумигдсан байна. Гэхдээ үүнд их энерги ялгардаггүй болохоор хар нүхний тухай бүлэгт өгүүлсэн хүндрэл тохиолдох юм. Дараа нь юу болсон талаар огт тодорхойгүй байгаа ч оддын төв мужууд нейтрон од эсвэл хар нүх шиг маш нягт төлөв болон эргэн хумигдсан гэж болохоор байдаг. Одны захын мужууд аажмаар тасарч, галактикийнхаа бусад бүх одыг гялалзах байдлаараа дардаг, хэт шинэ гэгдэх хүчтэй тэсрэлтээр (supernova) туугдан одсон. Од мөхөхийн өмнө үүссэн илүү хүнд зарим элемент энэхүү хийнд туугдан, одны удаах үеийн түүхий эд болон хувирсан ажээ. Манай нар бол бараг таван мянган сая жилийн өмнө, бүр эрт үеийн хэт шинэ тэсрэлтийн хэлтэрхийг агуулсан эргэлдэгч хийн үүлнээс үүссэн хоёрдахь эсвэл гуравдахь үеийн од учраас тэдгээр хүнд элемент түүний хоёр орчим хувийг эзэлдэг. Энэ үүлний доторх ихэнх хий нарыг үүсгэх хүртлээ нүүсэн эсвэл тэсрэлтээр туугдсан, гэхдээ тэдгээр хүнд элементийн зарим хэсэг өнөөдөр нарыг тойрон эргэж байгаа дэлхий шиг гараг, эрхэсийг бий болгон цугларчээ. Дэлхий эхлээд халуун, тэгээд агаар мандалгүй байж. Цаг нь ирэхэд тэрээр хөрч, уулын чулуулагаас хий ялгарсаны үр дүнд агаар мандал үүсчээ. Эрт үеийн энэхүү агаар мандал нь бидний амьдралд хэрэг болохооргүй байсан байна. Түүнд хүчилтөрөгч байгаагүй, гэхдээ хүхэрт устөрөгч (энэ бол өмхийрсөн өндөгнөөс үнэртэх өвөрмөц үнэрийг бий болгодог хий) гэх мэт бидэнд хор болох өөр олон хий байжээ. Тийм нөхцөлд цэцэглэж чадах амьдралын өөр, болхи хэлбэрүүд байсан нь мэдээж. Тэднийг далайд хөгжсөн гэж үздэг бөгөөд далай дахь бусад атомыг өөртэйгөө ижил бүтцэд нэгтгэж чадах макро-молекул гэгдэх том бүтцэд атомууд санамсаргүй нэгдсэний үр дүн гэж тооцдог. Ингэж тэд өөрсдийгөө нөхөн төлжүүлж, олширсон байна. Зарим тохиолдолд нөхөн үйлдвэрлэлтэнд алдаа гарсан аж. Эдгээр алдааны ихэнх нь шинэ макро-молекул өөрийгөө нөхөн төлжүүлж амжилгүй үгүй болоход хүргэж байв. Гэхдээ зарим алдаа нь өөрийгөө нөхөн төлжүүлэх илүү чадалтай шинэ макро-молекулуудыг үүсгэжээ. Иймд тэд давуу

талтай болж, анхны макро-молекулуудыг халах хандлагатай болсон байна. Ийм замаар өөрийгөө нөхөн төлжүүлэх чадалтай, улам бүр нарийн нийлмэл организмууд үүсэхэд хүргэсэн хувьслын үйл явц эхлэсэн ажээ. Хамгийн анхны болхи амьд организмууд янз бүрийн бодисыг жишээ нь хүхэрт устөрөгчийг хэрэглэж, хүчилтөрөгч ялгаруулж байсан байна. Энэ нь аажимдаа агаар мандлыг өнөөдрийнх шиг, загас, хэвлээр явагчид, сүүн тэжээлтэн, эцэст хүн гэх мэт амьдралын илүү дээд хэлбэрийн хөгжилд тохирох найрлагатай болтол өөрчилжээ.

Орчлон ертөнц эхлээд маш халуун байсан, тэлэхийнхээ хэрээр хөрсөн гэдэг дүр зураг өнөөдөр бүх туршилтын үр дүнтэй таардаг. Гэлээ ч чухал өдий төдий асуулт хариултгүй хэвээр үлджээ.

1. Яагаад эрт үеийн орчлон ертөнц тийм халуун байв?

2. Яагаад орчлон ертөнц том хэмжээндээ нэгэн ижил байдаг вэ? Яагаад тэрээр орон зайн бүх цэгт, бүх зүгт ижил харагддаг вэ? Тухайлбал бичил долгионы дэвсгэр цацрагийн температурыг янз бүрийн чиглэлээс ажиглах үед яагаад өөрчлөгдөхгүй байна вэ? Үүнийг шалгалтан дээр ганцхан асуултыг олон оюутнаас асуухтай зүйрлэж болох юм. Бүгдээрээ яг адилхан хариулт өгсөн бол тэд бие биетэйгээ ярилцжээ гэдэгт бүрэн итгэж болно. Харин дээр тодорхойлсон загварт их тэсрэлтээс болоод мужууд эрт үеийн орчлон ертөнцөд хоорондоо ойр байрласан байхад ч гэрлийн хувьд холын нэг мужаас нөгөөд хүрэх хугацаа байдаггүй. Харьцангуйн онол ёсоор гэрэл нэг мужаас нөгөөд хүрч чадахгүй бол өөр ямарч мэдээлэл мөн хүрч чадахгүй, Иймд эртний орчлон ертөнцийн янз бүрийн муж ямар нэг үл ойлгогдох шалтгаанаар ижилхэн температуртайгаар үүсээгүй л бол бие биетэйгээ ижил температуртай болох ямар ч арга байхгүй юм.

3. Орчлон ертөнцийг хумигдана гэж, эсвэл мөнхөд тэлнэ, иймд одоо, арван мянган сая жилийн дараа ч ханасан утганд ойролцоо хурдтай ийн тэлсээр байна гэж үзэх хоёр хандлагад загварыг хуваахад хүргэдэг тэлэлтийн тэрхүү ханасан утганд маш ойролцоо хурдтайгаар орчлон ертөнц тэлж эхэлсэний шалтгаан юу вэ? Хэрэв их тэсрэлтээс хойш секундын дараа тэлэлтийн хурд нэг зуун мянган саяын саяны нэгээс бага байсан л бол орчлон ертөнц эргэн хумигдах байсан бөгөөд тэрээр одоогийн хэмжээнд хүртэл тэлж чадахгүй байсан юм.

4. Орчлон ертөнц том хэмжээндээ нэгэн ижил, нэгэн төрөл байдаг ч од, галактик мэтийн нэгэн төрөл бус байдлыг ч агуулдаг. Тэднийг эртний орчлон ертөнцийн муж тус бүрийн нягтын багахан ялгаанаас болж үүссэн гэж үздэг. Нягтын энэ флуктуацийн эх булаг юу вэ?

Орчлон ертөнц их тэсрэлтийн онцгой цэгээс төгсгөлгүй нягттайгаар үүссэн гэж таамагладагаасаа болоод харьцангуйн ерөнхий онол дангаараа тоочсон шинжүүдийг тайлбарлах буюу тавигдсан асуултанд хариулах чадалгүй байдаг. Тэрхүү онцгой цэг дээр харьцангуйн ерөнхий онол хийгээд физикийн бүх хууль алдагдах ажээ. Онцгой цэгээс юу үүсч өрнөхийг тэд таамаглаж чадахгүй. Энэ нь түрүүн хэлсэнчлэн бидний ажиглаж байгаа зүйлд хэрхэвч нөлөөлөхгүй гэдэг үүднээс их тэсрэлт, түүнээс өмнөх бүх үйл явдлыг онолоос авч хаях хэрэгтэй гэдгийг илэрхийлнэ. Орон-цаг их тэсрэлт дээр эхлэл буюу хил хязгаартай байхуйц юм. Цаг хугацааны аль нэг агшин дахь орчлон ертөнцийн төлөв мэдэгдэж байвал яваандаа тэр хэрхэн өөрчлөгдөхийг тодорхойгүйн зарчмын оноодог хязгаарлалтын дотор урьдчилан хэлж чадах хуулийн цуглуулбар шинжлэх ухаанд байдаг болтой. Эдгээр хууль Бурханы зарлигаар анхлан бүтсэн байж болох ч эдгээр хуультай тохирон хөгжих эрхийг тэрээр орчлон ертөнцөд үлдээгээд одоо ч түүний амьдралд оролцохгүй байна хэмээн үзэж болохоор байдаг. Гэвч тэрээр орчлон ертөнцийн анхны төлөв, анхны хэлбэр дүрсийг ямар байхаар сонгосон юм бол? Цаг хугацааны

эхлэл дэх "хил хязгаарын нөхцлүүд" ямар байсан бэ?

Орчлон ертөнцийн анхны хэлбэрийг сонгох үедээ Бурхан бидэнд ойдгогдохгүй бодлыг удирдлага болгосон гэж хэлэх нь боломжит хариултуудын нэг юм. Энэ бол гарцаагүй Бурханы мэдлийн хэрэг байх байсан ч яагаад тийм хачин эхлэлийг сонгочихоод орчлон ертөнцийг бидэнд ойлгомжтой хуулиар хөгжүүлэхээр шийдсэн юм бол? Үйл явдал дурын байдлаар явагдахгүй, харин бурханлиг зүйлээс адис хүртсэн байж болох, үгүй ч байж болох тодорхой нууц эмх цэгцийг тусгадагийг шинжлэх ухааны бүхий л түүх аажим аажмаар ухааруулсан юм. Энэ эмх цэгц шинжлэх ухааны хуулинд төдийгүй орчлон ертөнцийн анхны төлөвийг тодорхойлох, орон-цагийн хил хязгаарын нөхцлүүдэд ч хамаатай гэж төсөөлөх нь зүй ёсны байхсан. Шинжлэх ухааны хуулинд захирагддаг, янз бүрийн анхдагч нөхцөлтэй орчлон ертөнцийн олон тооны загвар байх боломжтой. Манай орчлон ертөнцийг төлөөлүүлэх үүднээс нэг л анхдагч нөхцлийг ингэхлээр нэг л загварыг сонгох ямар нэг зарчим байх ёстой.

Тийм боломжийн нэгийг эмх замбараагүй хил хязгаарын нөхцөл гэж нэрлэдэг. Үүнээс уламжлуулан орчлон ертөнц орон зайд төгсгөлгүй эсвэл төгсгөлгүй олон орчлон ертөнц оршдог гэж батладаг. Эмх замбараагүй хил хязгаарын нөхцөл ёсоор их тэсрэлтийн яг дараа орон зайн дурын мужаас өгөгдсөн ямар ч хэлбэрийг олох магадлал өөр дурын хэлбэрийг олох магадлалтай бараг тэнцүү. Орчлон ертөнцийн анхны төлөв тун дурын байдлаар сонгогдоно. Орчлон ертөнцийн эмх замбараагүй хэлбэр эмх цэгцтэйгээсээ хамаагүй олон байдаг болохоор энэ нь эртний орчлон ертөнц маш замбараагүй, тогтворгүй байх ёстой гэдгийг илэрхийлэх юм. (Хэрэв бүх хэлбэр адил магадлалтай юм бол эмх замбараагүй, цэгцгүй төлөв хамаагүй их учраас тийм төлөвийн нэгэнд орчлон ертөнц үүсэх нь илүү магадлалтай.) Ийм эмх замбараагүй анхны нөхцөл том хэмжээндээ нэгэн төрөл, ижил байгаа, одоогийнх шиг орчлон ертөнцийг хэрхэн төрүүлж чадсаныг тайлбарлахад бэрх. Мөн ийм загварт нягтын флуктуаци нь дэвсгэр гамма-цацрагийн ажиглалтын оноосон дээд хязгаараас хамаагүй олон тооны эртний хар нүхнүүд үүсэхэд хүргэнэ гэж бодож болно.

Хэрэв орчлон ертөнц орон зайд төгсгөлгүй эсвэл төгсгөлгүй олон тооны орчлон ертөнц байдаг юм бол хаа ч юм нэгэн хэвийн, ижил төлөвийг үүсгэсэн маш том муж оршин байж болохсон. Бичгийн машин цохиж буй зуун сармагчингийн алдарт жишээтэй энэ нь нилээд төстэй. Ажлынх нь ихэнх хэсэг хогийн сав руу залрах боловч зарчмын хувьд тун санамсаргүйгээр Шекспирийн 14 мөрт шүлгүүдийн нэгийг бичиж чадна. Үүнчлэн бараг санамсаргүйгээр нэгэн хэвийн, ижил болж тогтсон мужийн хүрээнд бид амьдарч байж болохгүй гэж үү? Өнгөцхөн харахад тийм нэгэн төрөл муж нь эмх замбараагүй, нэгэн төрөл бус мужуудаас хамаагүй бага байх ёстой болохоор магадлал тун багатай мэт харагдаж болно. Гэхдээ од, галактикууд зөвхөн нэгэн төрөл мужид бүрэлдсэн бөгөөд тэнд "орчлон ертөнц яагаад ийм нэгэн төрөл байна?" гэсэн асуултыг тавьж чадах бидэн шиг өөрийгөө нөхөн үйлдвэрлэдэг нарийн нийлмэл организмуудын хөгжилд тохиромжтой нөхцлүүд бий болдог гэж үзье. Энэ бол "Бид оршин байгаа болохоор орчлон ертөнцийг энэ байгаагаар нь авч үзнэ" гэж томъёолж болох "хүмүүн" гэгдэх зарчмыг хэрэглэх нэгэн жишээ мөн.

"Хүмүүн" зарчим сул, хүчтэй хоёр хувилбартай байдаг. "Хүмүүн" сул зарчим орон зай эсвэл цаг хугацаанд уудам, төгсгөлгүй орчлон ертөнцөд ухаант амьтны хөгжилд зайлшгүй нөхцлүүд орон зай, цаг хугацаанд хязгаарлагдмал зарим мужид биелэх болно гэж өгүүлдэг. Иймд эдгээр мужийн ухаант амьтад тэдний амьдарч байгаа муж өөрсдийнх нь оршин ахуйд зайлшгүй шаардагдах нөхцлүүдээр хангагдсан гэдгийг мэдээд гайхдаггүй. Энэ нь баячуудын хотхонд

амьдарч буй баян өөрийнхөө эргэн тойронд ямарч ядуу зүдүү байдлыг хардаггүйтэй адил.

"Хүмүүн" сул зарчмын хэрэглээний нэг жишээ бол их тэсрэлт яагаад арван мянган сая жилийн өмнө болсоныг ухаант амьтны хөгжилд бараг төдий хэрийн хугацаа шаардагддагаар "тайлбарлах" явдал юм. Түрүүн өгүүлсэнчлэн юуны өмнө эрт үеийн одод үүсэх ёстой. Эдгээр од анхны устөрөгч, гелийн хэсгийг биднийг бүтээдэг нүүрстөрөгч, хүчилтөрөгчийн элемент болгон хувиргадаг. Дараагаар нь одод хэт шинэ тэсрэлтэнд орсон, харин үүний үлдэгдэлээс бусад од, тэр дундаа таван мянган сая орчим жилийн настай манай Нарны Системд хамаарах гарагууд үүссэн байна. Дэлхий оршин тогтносон эхний нэг эсвэл хоёр мянган жилд түүн дээр ямарч нарийн нийлмэл организм хөгжиж чадахааргүй халуун байлаа. Үлдсэн бараг гурван мянган сая жилд нь хамгийн энгийн организмаас их тэсрэлтийн агшинаас хойших цаг хугацааг хэмжих чадалтай ухаант амьтан үүсэх хүртэл замыг туулсан биологийн хөгжлийн урт удаан үйл явц явагдсан.

"Хүмүүн" сул зарчмын үнэн зөв, хэрэглэж болохоор байдлыг эсэргүүцэх хүн бага. Зарим нь түүний хүчтэй хувилбарыг дэвшүүлэн нилээд ахидаг юм. Тэр нь нэг бол олон янзын орчлон ертөнц байдаг, үгүй бол тус бүр нь өөрийн гэх өвөрмөц анхны хэлбэр магадгүй өөрийн гэх шинжлэх ухааны хуулиудын цуглуулгатай байдаг нэг орчлон ертөнцийн олон янз муж байдаг гэдгээр илэрнэ. Эдгээр орчлон ертөнцийн ихэнх мужид нарийн нийлмэл организм хөгжих боломжгүй. Учир нь манайхтай төстэй зарим орчлон ертөнцөд л ухаант амьтад хөгжиж чадна, тэдгээр ухаант амьтдын хувьд "Яагаад манай орчлон ертөнц бидний харж байгаа шиг байдаг вэ?" гэсэн нэг асуулт үүснэ. Хариулт нь тун энгийн. "Хэрэв орчлон ертөнц өөр байсансан бол бид энд байхгүй байх байсан!"

Бидний одоо мэдэж байгаагаар шинжлэх ухааны хуулиуд электроны цахилгаан цэнэгийн хэмжээ, протоны масс электроны масстай харьцах харьцаа гэх мэт олон суурь хэмжигдэхүүнийг агуулдаг. Өнөөдөр ядахдаа эдгээр хэмжигдэхүүний утгыг онолын үүднээс урьдчилан хэлж чадахгүй байна. Тэднийг бид ажиглалтаар тогтоох учиртай байдаг. Энэ бүх хэмжигдэхүүнийг таамагладаг бүрэн нэгдмэл онолыг нээх өдөр ирэх биз ээ, гэхдээ тэдний зарим нь эсвэл бүгдээрээ орчлон ертөнц тус бүрт эсвэл нэг орчлон ертөнцийн янз бүрийн хэсэгт өөрчлөгдөх боломж бас бий. Тэдгээр хэмжигдэхүүний утга амьдрал хөгжих бололцоог хангахаар тун нарийн сонгогдсон байдаг нь гайхалтай. Жишээ нь, электроны цахилгаан цэнэг үл ялиг өөр байсан бол од нь устөрөгч, гелийг шатаах ч үгүй, тэсрэх ч үгүй байлаа. Магадгүй шинжлэх ухааны зөгнөл зохиогчдын ч бодож олоогүй ухаант амьдралын өөр хэлбэрүүд ч байж болно. Энэ амьдралыг тэтгэхэд манай нар шиг оддын гэрэл ч, одны дотор нийлэгждэг, одны тэсрэлтийн үед сансрын уудамд зүг зүг тийш нисэн одох хүнд элементүүд ч хэрэггүй мэт харагдаж байна. Гэлээ ч бидний ярьсан хэмжигдэхүүнүүд ямарч хамаагүй ухаант амьдрал хөгжих бололцоог хангахын тулд харьцангуй бага утгын мужтай байх бололтой. Маш үзэсгэлэнтэй байж магадгүй боловч энэхүү үзэсгэлэн гоог гайхан бишрэх нэг ч хүнгүй орчлон ертөнцөд утгын ихэнх хэсэг таарч байна. Үүнийг нэг бол орчлон ертөнцийн Туурвил, шинжлэх ухааны хуулийн сонголтын талаарх Бурханы зөн билгийн гэрчлэл гэж, үгүй бол "хүмүүн" хүчтэй зарчмын баталгаа гэж ойлгож болно.

Орчлон ертөнцийн ажиглагдах төлөвийг тайлбарлахад "хүмүүн" хүчтэй зарчмыг хэрэглэхийн эсрэг хэд хэдэн эсэргүүцэл байдаг. Нэгд, энэ бүх орчлон ертөнц оршин байна гэдгийг ямар утгаар ярьж болох вэ? Тэд бие биеэсээ үнэхээр тусдаа бол өөр орчлон ертөнц дээр болсон зүйл манай орчлон ертөнцөд ажиглагдах үр дагавартай байж чадахгүй бус уу. Иймд бид хэмнэх зарчмыг ашиглан түүнийг онолоос авч хаях хэрэгтэй. Хэрэв эдгээр орчлон ертөнц нь нэг орчлон

ертөнцийн зүгээр л янз бүрийн муж юм бол шинжлэх ухааны хуулиуд муж бүрт ижил үйлчлэх ёстой. Өөрөөр байх юм бол нэг мужаас нөгөө рүү тасралтгүй шилжилт боломжгүй байхсан. Энэ тохиолдолд муж хоорондын ялгаа нь л тэдний анхны хэлбэр болох бөгөөд ингэж "хүмүүн" хүчтэй зарчим "хүмүүн" сул зарчимд байраа тавьж өгнө.

"Хүмүүн" хүчтэй зарчмын эсрэг хоёрдахь эсэргүүцэл тэрээр шинжлэх ухааны бүх түүхэн явцын эсрэг чиглэж байна гэдэгт үндэслэдэг. Шинжлэх ухааны хөгжил Птолемей болон түүний өмнөх үеийнхэний дэлхий төвт орчлон судлалаас Коперник, Галилейн нар төвт орчлон судлалаар дамжин дэлхий бол орчлон ертөнцийн ажиглагдах хэсэг дээрх сая сая галактикийн зөвхөн нэг нь болох жирийн мушгиа галактикийн зах хэсгийн жирийн нэг одыг тойрон эргэдэг дундаж хэмжээний гараг юм гэдэг ертөнцийн талаарх орчин үеийн дүр зураг хүртэл явсан юм. Гэтэл "хүмүүн" хүчтэй зарчим ёсоор энэхүү агуу байгууламж бүхэлдээ зүгээр л бидний тулд байгаа хэрэг аж. Үүнд итгэхэд маш бэрх. Манай Нарны Систем бидний оршин байхуйн зайлшгүй нөхцөл мөн нь гарцаагүй бөгөөд үүнийг хүнд элементүүдийг бий болгосон оддын эртний үеийг хүлээн зөвшөөрөх үүднээс манай бүх галактикт бүхэлд нь нялзааж болно. Гэхдээ энэ бүх галактикийн хувьд ч, орчлон ертөнцийн хувьд ч том хэмжээндээ аливаа чиглэлд жигд, ижилхэн байх ямарч хэрэгцээ байхгүй болтой.

Хэрэв орчлон ертөнцийн янз бүрийн анхдагч хэлбэрээс зөвхөн зарим нь бидний ажиглаж байгаа шиг орчлон ертөнц болтлоо хөгжиж чадсан гэдгийг үзүүлж чаддагсан бол "хүмүүн" зарчмын талаар ялангуяа түүний сул томъёололд санаа зовохгүй байж болохсон. Хэрэв энэ үнэн бол анхны санамсаргүй нөхцлүүдээс үүссэн орчлон ертөнц өөртөө ухаант амьдралын хөгжилд тохирох өөгүй, ижилхэн мужийг багтаасан байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл хэрэв бидний эргэн тойрондоо харж байгаа шиг зүйлсийг үүсгэхэд орчлон ертөнцийн анхны төлөвийн тун нарийн сонголт шаардагдсан бол амьдрал үүсч чадах ямарч мужийг орчлон ертөнц агуулах янзгүй болтой. Их тэсрэлтийн халуун загварт дулаан нэг мужаас нөгөө рүү дамжихад хэтэрхий бага хугацаа шаардагддаг. Энэ нь бичил-долгионы хөрс дэвсгэр бидний харсан зүг бүрт ижил температуртай байдгийг тайлбарлахын тулд орчлон ертөнцийн анхны төлөв хаа сайгүй яг ижил температуртай байсан байх ёстой гэсэн үг. Түүнээс гадна ахин хумилтаас зайлхийхэд шаардлагатай ханасан утганд тийн ойр байсаар байгаа тэлэлтийн хурдны хувьд түүний анхны хурд маш нарийн сонгогдсон байх ёстой. Иймд халуун их тэсрэлтийн загвар цаг хугацааны эхлэл хүртэл ашиглагдахаар байвал орчлон ертөнцийн анхны төлөв үнэхээр нарийн сонгогдсон байх ёстой гэсэн үг. Яагаад яг ийм байдлаас орчлон ертөнц эхлэх ёстойг бид мэтийн амьтдыг бүтээхийг хүссэн Бурханы үйлээс өөрөөр тайлбарлахад хүндрэл тохиолдох юм.

Олон тооны янз бүрийн хэлбэр өнөөдрийн орчлон ертөнц шиг нэгэн болтлоо хөгжиж чадах тийм загварыг олох оролдлогынхоо хүрээнд эрт үеийн орчлон ертөнц маш хурдан тэлэлтийн үеийг туулсан байх ёстой гэсэн таамаглалыг Массачусетийн Техникийн Институтын эрдэмтэн Алан Гут дэвшүүлсэн байна. Энэ тэлэлтийг орчлон ертөнц тэр нэгэн цагт одоогийнх шигээ буурах хурдаар биш, харин өсөн нэмэгдэх хурдаар тэлж байсан гэдэг утгаар "инфляцийн" гэж нэрлэдэг. Гутын тооцоолсоноор орчлон ертөнцийн радиус секундын өчүүхэн хувь хэсгийн дараа л саяын саяын саяын саяын сая (нэгийн ард гучин тэгтэй) дахин нэмэгдсэн байна.

Орчлон ертөнц маш халуун, гэхдээ тун эмх замбараагүй төлөв бүхий их тэсрэлтээс үүссэн гэсэн таамаглалыг Гут дэвшүүлсэн юм. Энэхүү өндөр температур нь орчлон ертөнцийн бөөмс маш хурдан хөдөлж, их энергитэй байх ёстой гэдгийг илэрхийлнэ. Дээр өгүүлсэнчлэн тийм өндөр температурын үед цөмийн сул, хүчтэй, цахилгаан-соронзон хүчнүүд бүгд нэг болж нэгдсэн байх

ёстой. Орчлон ертөнц тэлэхийн хэрээр хөрч, бөөмсийн энерги багасна. Эцсийн эцэст төлөв байдлын гэгдэх шилжилт болж, хүч хоорондын тэгш хэм алдагдахаар юм. Эхлээд хүчтэй харилцан үйлчлэл нь сул, цахилгаан-соронзон хүчнүүдээс ялгарч эхлэх байсан. Төлөв байдлын шилжилтийн алдартай жишээ бол ус хөрөх үеийн зайрмагталт юм. Усны шингэн төлөв бол тэгш хэмийн байдалтай өөрөөр хэлбэл ус бүх цэгт, бүх чиглэлд адил байна. Гэвч мөсөн талстууд үүсэх үед талстууд тодорхой байрлалтай болж, хэд хэдэн чиглэлээр тогтдог. Энэ нь усны тэгш хэмийг алдуулдаг.

Усны тухайд түүнийг маш алгуур хөргөвөл тэрээр "хэт хөрнө" өөрөөр хэлбэл мөс үүсгэхгүйгээр хөлдөх цэгээс (0 ° C) доогуур температурт хүрдэг. Орчлон ертөнц өөрийгөө ийм байдалтай авч явсан гэж Гут таамагласан байна. Температур нь хүчний тэгш хэмийг алдуулахгүйгээр ханасан утгаас доош унаж чадсан байж болно. Хэрэв ийм юм болсон бол орчлон ертөнц тэгш хэмээ алдах үедээ түүнд байдгаас давсан энергитэй тогтворгүй төлөвт орох юм. Энэ онцгой нэмэгдэл энерги нь орчлон ертөнцийн тогтвортой загварыг байгуулахыг оролдохдоо харьцангуйн ерөнхий онолд Эйнштейний оруулсан сансрын тогтмолын нэгэн адил таталцлын эсрэг үйлчлэлийг үүсгэдэг гэж үзэж болно. Халуун их тэсрэлтийн загварт байдагчлан орчлон ертөнц хэдийнэ эргэлдсэн учраас сансрын тогтмолын энэхүү түлхэлт орчлон ертөнцийг өсөн нэмэгдсэн бүх хурдаараа тэлэхэд хүргэсэн аж. Бодисын бөөмсийн тоо дундаж утгаас давсан мужуудад ч биеийн таталцал сансрын нөлөөт тогтмолын түлхэлтээс бага байх байлаа. Иймд энэ мужууд бас инфляцийн хурдатгалтайгаар тэлсэн байх учиртай. Тэлэхийн хэрээр бодисын бөөмс бие биеэсээ улам бүр холдож, эцсийн эцэст тэлж буй орчлон ертөнц бараг бөөмгүй, гэхдээ хэтэрхий хөрсөн төлөвт орох юм. Тэлэлтийн үр дүнд орчлон ертөнц дээрх ижил биш бүхэн бөмбөлөг дээрх атираа үлээлтээр толийдог шиг л арилж орхино. Ингэхлээр орчлон ертөнцийн өнөөдрийн нэгэн хэвийн, ижил төлөв олон тооны янз бүрийн ижил биш анхны төлөвөөс үүсч болно.

Тэлэлт нь биеийн таталцлаас болж буурахын оронд сансрын нөлөөт тогтмолоос болж хурдасдаг иймэрхүү орчлон ертөнцөд гэрэл нэг мужаас нөгөөд хүрэхдээ хангалттай хугацаа зарцуулах байсан. Энэ нь яагаад эртний орчлон ертөнцийн янз бүрийн муж ижил шинжтэй байдаг вэ гэсэн өмнө тавьсан асуултын шийд болохоор юм. Түүнээс гадна орчлон ертөнцийн тэлэлтийн хурд орчлон ертөнцийн энергийн нягтаар тодорхойлогддог ханасан утганд аяндаа их ойр болсон байж болно. Тэлэлтийн хурдны ханасан утганд тийн ойртохыг орчлон ертөнцийн тэлэлтийн анхны хурдны нарийн сонголтын таамаглал гаргалгүй тайлбарлаж болохоор байдаг.

Инфляцийн талаарх таамаглал орчлон ертөнцөд яагаад тийм их бодис байдгийг тайлбарлаж бас чаддаг юм. Орчлон ертөнцөөс бидний ажиглаж чадсан муж зуун саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын саяын сая (нэгийн ард наян тэг бүхий) эрэмбийн бөөмийг агуулдаг, Энэ бүхэн хаанаас үүссэн бэ? Хариулт нь квантын онолоор бөөмс энергиэс бөөм/эсрэг-бөөм хос хэлбэртэйгээр үүсч чаддагт байна. Гэхдээ энерги хаанаас үүссэн бэ? гэсэн асуулт үүслээ. Орчлон ертөнцийн бүрэн энерги яг тэгтэй тэнцүү гэдэгт хариулт нь оршино. Орчлон ертөнц дээрх бодис эерэг энергитэй байдаг. Гэхдээ бодис нь таталцлын үйлчлэлээс болоод бусдыгаа өөртөө татаж байдаг. Бодисын бие биедээ ойр байгаа хоёр тал нь хол байгаа хоёр талаасаа бага энергитэй байна, яагаад гэвэл тэд талууд болж ялгарахын тулд тэднийг нэгтгэхийг эрмэлзэж буй таталцлын хүчийг давах энергийг зарцуулах ёстой. Иймд таталцлын оронгийн энерги ямарч утганд сөрөг байна. Орон зайд бараг ижил байдаг орчлон ертөнцийн хувьд таталцлын энэ сөрөг энерги нь бодисоор төлөөлүүлж байгаа эерэг энергитэй яг тэнцдэг. Иймд орчлон ертөнцийн бүрэн энерги тэгтэй тэнцүү.

Тэгийг тэгээр үржүүлэхэд тэг л гардаг. Иймд орчлон ертөнц хоёр дахин том болоход бодисын эерэг энергийн тоо, таталцлын сөрөг энергийн тоо ч энерги хадгалагдах хуулийг гажуудуулахгүйгээр мөн хоёр дахин нэмэгдэнэ. Бодисын энергийн нягт орчлон ертөнцийн хэмжээ нэмэгдэхийн хэрээр багасдаг орчлон ертөнцийн хэвийн тэлэлтийн үед ийм юм тохиолдохгүй. Гэхдээ хэт хөрсөн төлөвийн энергийн нягт нь орчлон ертөнц тэлж байхад тогтмол үлддэг учраас инфляцийн тэлэлтийн үед яг ийм юм тохиосон. Орчлон ертөнцийн хэмжээ хоёр дахин өсөх үед бодисын эерэг энерги, таталцлын сөрөг энерги бас хоёр дахин нэмэгдэнэ, үүний үр дүнд бүрэн энерги тэгтэй тэнцүү үлдэнэ. Инфляцийн үеийн туршид орчлон ертөнц хэмжээгээ маш ихээр нэмсэн байна. Иймд бөөмс үүсгэх чадалтай энергийн нийт тоо маш их болдог. Ингэхлээр Гутын тэмдэглэн хэлж байсанчлан "Шидэт бүтээлэг байдаггүй гэж ярьцгаадаг. Гэтэл орчлон ертөнц маань дээд зэргийн шидэт бүтээлэг бус уу".

Өнөөдөр орчлон ертөнц инфляцигүйгээр тэлж байна. Тэгвэл сансрын маш их нөлөөт тогтмолыг арилгах, тэгэхээр тэлэлтийн хурд өсөхөө больж, таталцлын үйлчлэлээр багасч, одоо багассаар байгаа шиг нь болгох ямар нэг механизм байх ёстой. Хэт хөрсөн ус улмаар хөлддөгийн нэгэн адил инфляцийн тэлэлтийн үед эцсийн эцэст хүч хоорондын тэгш хэм алдагддаг гэж бодож болно. Тэгээд тэгш хэм алдагдаагүй төлөвийн илүүдэл энерги ялгарч, орчлон ертөнц нь хүч хоорондын тэгш хэмд тохирсон ханасан температураас үл ялиг бага температур хүртэл халсан аж. Дараагаар нь орчлон ертөнц их тэсрэлтийн халуун онолд байдагчлан ахин тэлж, хөрч эхлэх юм, гэхдээ энэ удаа бид орчлон ертөнц яагаад ханасан хурдтай яг тэнцүү хурдтай тэлсээр байгааг, мөн яагаад янз бүрийн муж ижил температуртай байгааг тайлбарлаж чадна.

Гутын таамаглалд төлөв байдлын шилжилт нь их хүйтэн усанд мөсөн талстууд гэнэт үүсдэг шиг маш хурдан явагддаг. Гол санаа нь алдагдсан тэгш хэмийн шинэ фазаас болж хуучин фазын дотор "цэврүүнүүд" буцалж буй усанд уурын цэврүүнүүд үүсдэг шиг үүснэ гэдэгт оршино. Цэврүү томорч, бие биетэйгээ нийлж, эцэст нь орчлон ертөнц шинэ төлөвт ордог гэж таамагласан. Гэтэл энд нэг юм болохгүй байна. Миний болон өөр бусад хүний заан үзүүлсэнчлэн цэврүүнүүд гэрлийн хурдтай томорсон ч бие биеэсээ холдсоор байх, иймд нийлж чадахгүй байх тийм хурдтайгаар орчлон ертөнц тэлж байна. Зарим мужид нь хүч хоорондын тэгш хэм хадгалагдсаар байх, нэгэн төрөл биш төлөвт орчлон ертөнц орох байсан юм. Орчлон ертөнцийн ийм загвар бидний хардагтай таарахгүй байх байлаа.

1981 оны арван сард би квант таталцлын тухай бага хуралд оролцохоор Москваг зорьсон юм. Бага хурлын дараа би инфляцийн загвар хийгээд түүнтэй холбоотой асуудлаар Штернбергийн нэрэмжит Одон Орны Хүрээлэнд семинар явууллаа. Дуу хоолойг минь ихэнх хүмүүс ойлгож чадахаа больсон байсан учраас миний лекцийг бэлдэж өгдөг хүнтэй хичээл явуулдаг болсон байв. Гэхдээ энэхүү семинарыг бэлдэх цаг байгаагүй тул семинарыг би өөрөө явуулж, шавь нарын маань нэг миний үгийг давтан хэлэх болсон юм. Энэ нь ч онож, би сонсогчдтойгоо илүү харилцаж чадсан. Тэдний дунд Лебедовын нэрэмжит Физикийн хүрээлэнгийн ажилтан, Зөвлөлтийн залуу физикч Андрей Линде байлаа. Цэврүүнүүд нийлэх боломжгүйтэй холбоотой хүндрэл цэврүүнүүдийн хэмжээ нэг цэврүүний дотор орчлон ертөнц дэх манай муж бүхэлдээ багтсан байхаар тийм том байвал үгүй болно гэж тэр хэлсэн юм. Энэ таамаглал биелэхийн тулд тэгш хэмт төлөвөөс тэгш хэм алдагдсан төлөвт шилжих шилжилт цэврүүний дотор маш алгуур явагдах ёстой. Гэхдээ энэ нь их нэгдлийн онолтой таарахаар бүрэн боломжтой байлаа. Тэгш хэм аажим алдагдах тухай Линдегийн санаа маш оновчтой байсан ч хожим би тэрхүү цэврүүнүүд өнөөгийн орчлон ертөнцийн хэмжээнээс ч том байх ёстойг ойлгосон билээ! Тэгш хэм зөвхөн цэврүүний дотор бус, мөн хаа сайгүй нэгэн зэрэг алдагдах ёстойг би нотолсон. Зөвхөн энэ нь л

бидний одоо ажиглаж байгаа ижил орчлон ертөнцөд хүргэхээр юм. Би энэ санаандаа хэт автсан байсан бөгөөд үүнийгээ шавь нарынхаа нэг Ян Мосстой хуваалцаж билээ. Линдетэй нөхөрлөсөн би гэдэг хүн Линдегийн бичсэн өгүүллийг хэвлэлд тэнцэх эсэхийг үнэлсэн үнэлгээ өгөхийг редакцийн зүгээс хүссэн шинжлэх ухааны сэтгүүлийг оройтож хүлээн авах үедээ нилээд сандарлаа. Хариултандаа би өгүүлэлд нэг алдаа бий (цэврүүнүүд орчлон ертөнцөөс том байх ёстой) гэхдээ тэгш хэм аажим алдагдах үндсэн санаа нь зөв гэж бичсэн юм. Өрнөд рүү Линдегийн илгээсэн бүхэн шинжлэх ухааны ажлыг тэр даруйд нь шийдээд өгч чаддаггүй Зөвлөлтийн хяналт шалгалтын албаар дамжсан байх ёстой болохоор тэрхүү алдааг засч залруулахад түүний хэдэн сарыг гарздах вий гэхдээ өгүүллийг байгаа чигээр нь нийтлэхийг зөвшөөрсөн билээ. Том цэврүүнээс үүсч байгаа төвөгтэй байдал, түүнийг хэрхэн даван туулж болох талаар Ян Мосстой хамтран бичсэн бэсрэг өгүүллийг тэр сэтгүүлд бас илгээсэн юм.

Москвагаас эргэн ирсэнийхээ маргааш надад Франклины Хүрээлэнгийн медалийг гардуулах байсан Филадельфи руу хөдөллөө. Нарийн бичиг Жуди Фелла маань бусдын сэтгэлийг татах бүх хүчээ ашиглан, аз сорьсон сурталчилгаа гэгдэх Конкорд онгоцны хоёр тасалбар худалдахыг Их Британы Агаарын Агентлагд зөвшөөрүүлсэн юм. Гэвч онгоцны буудал хүрэх замд ширүүн бороо таарч онгоцноосоо хоцорчихов. Гэсэн ч би яаж ийгээд Филадельфид хүрч, тэр медалийг авсан юм. Үүний дараа Филадельфийн Дрекселийн Их Сургуульд инфляцийн орчлон ертөнцийн талаар семинар явуулахыг надаас хүслээ. Инфляцийн орчлон ертөнцийн асуудлаар Москвад болсон шиг семинарыг явуулсан юм. Линдегийнхтэй маш адилхан санааг Пенсильваны Их Сургуулийн Пол Стейнхард, Андреас Албрехт нар хэдхэн сарын дараа дэвшүүллээ. Тэгш хэм аажим алдагдах санаан дээр үндэслэсэн "инфляцийн шинэ загвар" гэгдэх загварыг нээсэн нэр алдарыг тэд өнөөдөр Линдегийн хамт хүртэж байна. (Гутын дэвшүүлсэн, цэврүү үүссэнээр тэгш хэм хурдан алдагдахыг инфляцийн хуучин загвар гэдэг.)

Инфляцийн шинэ загвар орчлон ертөнц яагаад өнөөдөр байгаа шигээ байдгийг тайлбарлах амжилттай оролдлого болсон юм. Гэхдээ би, бас зарим хүмүүс энэ загвар наанадаж анхны байдлаараа, ажиглагдаж байгаагаас хамаагүй олон хувилбарыг бичил-долгионы дэвсгэр цацрагийн температурт оноохыг үзүүлсэн билээ. Дараа дараагийн ажлууд ч маш эртний орчлон ертөнцөд төлөв байдлын зохих шилжилт явагдаж чадах эсэхэд хамаатай эргэлзээг төрүүлсэн юм. Хэдийгээр олонх нь инфляцийн шинэ загвар хэрэгцээгүй болсон тухай дуулаагүй, энэ загвар цааш амьдрах чадвартай гээд өгүүлэл бичсээр байгаа ч гэсэн би хувьдаа инфляцийн шинэ загвар шинжлэх ухааны онол хувьдаа хэдийнэ талийгаач болсон гэж үздэг. Эмх замбараагүй инфляцийн загвар гэж нэрлэсэн илүү аятайхан загварыг 1983 онд Линде дэвшүүлсэн юм. Түүнд төлөв байдлын шилжилт ч, хэт хөрөлт ч байхгүй, харин оронд нь квантын флуктуациас болж эртний орчлон ертөнцийн зарим мужид их утгатай байсан 0 спинтэй орон байдаг. Тийм мужийн оронгийн энерги сансрын тогтмолтой адил үйлчлэл үзүүлдэг. Энэ нь түлхэлтийн үйлчлэлтэй бөгөөд ийн тэрхүү мужууд инфляцийн байдалтай тэлэхэд хүрчээ. Эдгээр муж тэлэхийн хэрээр түүн дэх оронгийн энерги инфляцийн тэлэлт халуун их тэсрэлтийн загварынх шиг тийм тэлэлтээр солигдох хүртэл алгуур багассан аж. Тэрхүү мужуудын нэг нь орчин үеийн ажиглагдах орчлон ертөнц болон хувирсан байж болно. Энэ загвар инфляцийн өмнөх загваруудаас аль ч талаараа давуу байсан, тэгэхдээ төлөв байдлын эргэлзээтэй шилжилтийг шаардахгүйгээс гадна ажиглалтын үр дүнтэй таардаг, бичил-долгионы дэвсгэр цацрагийн температурын флуктуацид бодит үнэлгээг өгч чаддаг юм.

Инфляцийн загваруудын талаарх энэ ажил орчлон ертөнцийн өнөөгийн төлөв олон тооны янз бүрийн анхны хэлбэрээс үүссэн гэдгийг үзүүлдэг. Энэ нь бидний амьдарч буй орчлон ертөнцийн

энэхэн хэсгийн анхны төлөв тун нарийн сонгогдсон байх албагүйг үзүүлдэгээрээ маш чухал юм. Иймд хэрэв бид хүсвэл орчлон ертөнц яагаад одоо харагдаж байгаа шигээ байгааг тайлбарлахдаа "хүмүүн" сул зарчмыг хэрэглэж болно. Гэхдээ анхны бүх төлөвөөс манайх шиг ийм орчлон ертөнц тэр бүр гарч чадахгүй. Үүнийг одоогийн орчлон ертөнцийн маш ялгаатай жишээ нь овон товон, нэгэн төрөл биш төлөвийг тооцон үзээд нотлож болох юм. Шинжлэх ухааны хуулийг ашиглан орчлон ертөнцийн хөгжлийг цагийн хувьд улируулан шинжилж, бүр эртний үе дэх хэлбэр дүрсийг нь тодорхойлж болно. Онцгой цэгийн тухай харьцангуйн ерөнхий сонгодог онолын теорем ёсоор их тэсрэлтийн онцгой цэг ямартаа ч байх аж. Хэрэв тэрхүү орчлон ертөнц шинжлэх ухааны хуулийн дагуу цаг хугацааны хувьд урагшлан хөгжсөн бол эцэст нь бид анх эхэлсэн тэрхүү овон товон, нэгэн төрөл бус төлөвт эргэн ирэх болно.

Ингэхлээр бидний одоо харж байгаа шиг орчлон ертөнц хүртлээ хөгжиж чадаагүй анхны хэлбэрүүд байх ёстой. Ингээд инфляцийн загвар ч яагаад анхны хэлбэр бидний ажиглаж байгаагаас маш ялгаатай орчлон ертөнцийг бий болгоогүй юм бэ гэдэг дээр юу ч өгүүлдэггүй юм. Тайлбарлахын тулд "хүмүүн" зарчимд хандах хэрэгтэй юу? Болж өнгөрсөн бүхэн зүгээр л азтай тохиол байв уу? Ийм хариулт орчлон ертөнцийн суурь эмх цэгцийг ойлгох гэсэн бидний бүх итгэл найдварын үгүйсгэл, цөхрөлийн илэрхийлэл мэт харагдаж байна.

Орчлон ертөнцийн эхлэл ямар байх ёстойг таамаглахын тулд цаг хугацааг тоолох эхлэл цэг дээр биелж байх хуулиуд хэрэгтэй. Хэрэв харьцангуйн ерөнхий онол үнэн бол Рожер Пенроуз бид хоёрын нотолсон онцгой цэгийн тухай теоремууд цаг хугацааны эхлэл нь төгсгөлгүй нягттай, орон-цагийн төгсгөлгүй муруйлттай цэг байхыг үзүүлсэн. Тийм цэг дээр байгалийн мэдэгдэж буй бүх хууль алдагдана. Онцгой цэгүүд дээр биелдэг шинэ хууль байдаг гэж таамаглаж болох ч тийм үл ойлгогдох араншинтай цэгүүд дээр тэрхүү хуулиудыг томъёолоход маш бэрх байх бөгөөд ажиглалтаасаа бид эдгээр хууль ямар байх ёстойг ч тогтоож чадахааргүй юм. Гэхдээ таталцлын орон нь квант таталцлын нөлөөнүүд чухал болж, сонгодог онол орчлон ертөнцийн сайн тайлбар байхаа болихоор тийм их хүчтэй болдог гэдгийг онцгой цэгийн тухай теоремууд үнэхээр заадаг. Иймд орчлон ертөнцийн хөгжлийн маш эртний үеийг судлахад таталцлын квант онолыг оролцуулах хэрэгтэй болно. Дараа бидний үзэхээр, квант онолын хүрээнд шинжлэх ухааны жирийн хуулиуд хаа сайгүй, түүний дотор цаг хугацааны эхлэл цэг дээр ч биелэх боломжтой. Квант онолд ямарч онцгой цэг хэрэггүй учраас онцгой цэгүүдэд зориулсан шинэ хуулиудыг үүсгэл үнэн болгон дэвшүүлэх шаардлага гарахгүй.

Одоохондоо бидэнд квант механик, таталцал хоёрыг нэгтгэсэн, бүрэн хүлээн зөвшөөрөгдсөн онол хараахан алга. Гэхдээ тийм нэгдмэл онолд зарим нэг тодорхой шинж байх ёстойд бид бүрэн итгэлтэй байна. Нэгд, тэр нь квант механикийг томъёолохдоо түүхийн нийлбэр гэдэг нэр томъёогоор санал болгосон Фейнманы аргыг бүрэлдэхүүндээ багтаах ёстой. Энэ хандлагын хүрээнд бөөм нь сонгодог онолд байдагчлан цор ганцхан түүхтэй байдаггүй. Эсрэгээр тэрээр орон-цагт боломжит бүх замаар замнадаг, тэдгээр түүх бүрт нэг нь долгионы уртыг, нөгөө нь долгионы үе (фаз) дэх байрлалыг заадаг хоёр тоо холбоотой байдаг гэж тооцдог. Жишээ нь, бөөм аль нэг цэгийг дайран өнгөрөх магадлал энэ цэгийг дайран өнгөрөх боломжит бүх түүхэнд тохирох бүх долгионы нийлбэр дүнгээр тодорхойлогдоно. Гэхдээ тийм нийлбэр дүнг олох оролдлогууд техник сүрхий хүндрэлтэй тохиолдох болно. Тэднийг дараах онцгой зааврыг ашиглан байж л арилгаж болно. Долгионуудыг бидний мэдэрдэг "бодит" цаг хугацаанд биш, харин хуурмаг гэгдэх цаг хугацаанд өрнөх бөөмсийн түүхийн хувьд нэмэх ёстой. Хуурмаг цаг хугацаа гэдэг нь шинжлэх ухааны уран сэтгэмж шиг сонсогдож байж болох боловч үнэндээ энэ бол сайтар тодорхойлогдсон математик ойлголт юм. Жирийн (буюу "бодит") тоог өөрийг нь

өөрт нь үржүүлэхэд эерэг тоо гардаг. (Жишээ нь, 2 -ийг 2-оор үржүүлэхэд 4 болдог, -2 ийг -2 оор үржүүлэхэд мөн 4 гардаг.) Гэхдээ өөрийг нь өөрт нь үржүүлэхэд сөрөг тоо гаргадаг онцгой (тэднийг хуурмаг гэж нэрлэдэг) тоо байдаг. (Тийм тооны нэг нь өөрийг нь өөрт нь үржүүлэхэд -1 болдог гэсэн хуурмаг тоо юм, өөрийг нь өөрт нь үржүүлсэн 2 тоо нь 4 болдог гэх мэт.) Түүхийн талаарх Фейнманы нийлбэрийг тооцохдоо техник шинжтэй хүндрэлээс зайлхийхийн тулд хуурмаг цаг хугацаанд хандах хэрэгтэй. Энэ нь цаг хугацааг тооцохдоо жинхэнэ биш, харин хуурмаг нэгжээр тооцох хэрэгтэй гэсэн үг. Тэгэхэд орон-цагт сонирхолтой өөрчлөлт илэрнэ. Түүнд орон зай, цаг хугацаа хоёрын ялгаа огт үгүй болно. Үйл явдлын цаг хугацааны тэнхлэг нь хуурмаг утгатай байдаг орон-цагийг хоёр хэмжээст (хавтгайн) геометрийн сургаалийг үндэслэгч, эртний грекийн эрдэмтэн Евклидийн нэрийг хүндэтгэн Евклидийн гэж нэрлэж байна. Евклидийн гэж бидний нэрлэж байгаа орон-цаг нь хоёр хэмжээсийн оронд дөрвөн хэмжээстэй байдгийг үл тооцвол онцын ялгараад байх зүйл үгүй. Евклидийн орон-цагт цаг хугацааны чиглэл, орон зайн чиглэл хооронд ялгаа байхгүй. Бодит орон-цагийн хүрээнд л үйл явдалд цаг хугацааны тэнхлэгийн бодит утга таардаг. Энэ ялгаанууд бүх үйл явдлын хувьд цаг хугацааны чиглэл гэрлийн конусын дотор, харин орон зайн чиглэлүүд гадна нь байдгаас шууд харагдана. Ямарч тохиолдолд бид квант механиктай ажиллаж байх үедээ хуурмаг цаг хугацаа, Евклидийн орон-цаг хоёрыг бодит орон-цагтай холбоотой хэмжигдэхүүнийг тооцоход зориулсан математикийн жирийн арга гэж үзэх болно.

Аливаа төгс онолын өөртөө багтаах ёстой хоёрдахь нөхцөл нь таталцлын оронг муруйсан орон-цагийн байдлаар төсөөлөх тухай Эйнштейний таамаглал юм. Бөөмс муруйсан орон-цагт шулууныг орлох замаар хөдлөхийг эрмэлздэг ч орон-цаг хавтгай биш болохоор эдгээр зам тэдэнд таталцлын орон яаж нөлөөлж байна тэгж муруйдаг, Хэрэв түүхийн талаарх Фейнманы нийлбэрийг таталцлын тухай Эйнштейний таамаглалтай нийлүүлбэл нэг бөөмийн түүхийн адилтгал нь бүх орчлон ертөнцийн түүхийг төлөөлөх муруйсан нийт орон-цаг болох болно. Түүхийн нийлбэр дүнг тодорхой тооцоолох үед учирч болох техник хүндрэлээс зайлхийхийн тулд дөрвөн хэмжээст муруй орон зайг Евклидийн гэж тооцох хэрэгтэй. Энэ нь цаг хугацааны чиглэл хуурмаг утгатай бөгөөд орон зайн чиглэлүүдээс ялгагдахгүй гэсэн үг. Жинхэнэ орон-цаг зарим нэг шинж чанартай байх жишээ нь, бүх цэгт, бүх чиглэлд ижил харагдах магадлалыг тооцохын тулд энэ шинжийг агуулсан тэр бүх түүхтэй таарах долгионыг нэмэх хэрэгтэй.

Харьцангуйн ерөнхий сонгодог онолд муруй орон-цагийн янз бүрийн олон төрөл байж болдог бөгөөд тэд бүгд орчлон ертөнцийн янз бүрийн анхны төлөвтэй таардаг. Орчлон ертөнцийнхөө анхны төлөвийг мэдээд бид түүний бүх түүхийг бүхэлд нь мэдэж болохсон. Таталцлын квантын онолд мөн адил орчлон ертөнцийн квантын янз бүрийн олон төлөв боломжтой бөгөөд Евклидийн муруй орон-цагууд цаг хугацааны эрт үед түүхийн нийлбэрээр ямар байсныг мэдээд бид орчлон ертөнцийн квант төлөвийг тодорхойлж болох юм.

Жинхэнэ орон-цагийг ашигладаг таталцлын сонгодог онолд орчлон ертөнцийн хоёр төрлийн дүр төрх боломжтой. Тэрээр нэг бол төгсгөлгүй цаг хугацааны урсгалд оршин байсан, үгүй бол өнгөрсөн үеийн тодорхой нэг цагт онцгой цэгээс үүссэн. Таталцлын квант онолд л гуравдахь боломж үүсдэг. Цаг хугацаа, орон зайн чиглэлүүд нь адил байдаг Евклидийн орон зайг хэрэглэдэг болохоор орон-цаг төгсгөлтэй байлаа ч түүний хил, хязгаарыг үүсгэдэг онцгой цэггүй байна. Иймд орон-цаг нь дэлхийн гадаргатай төстэй, гэхдээ хоёр нэмэлт хэмжээстэй байх юм. Дэлхийн гадарга төгсгөлөг боловч хил, хязгаар үгүй билээ. Нар шингэх зүг хөлөг онгоцоор аялан далайн эргийг даваад, онцгой цэг рүү уначихгүй (үүнийг би дэлхийг тойрохдоо мэдсэн юм!).

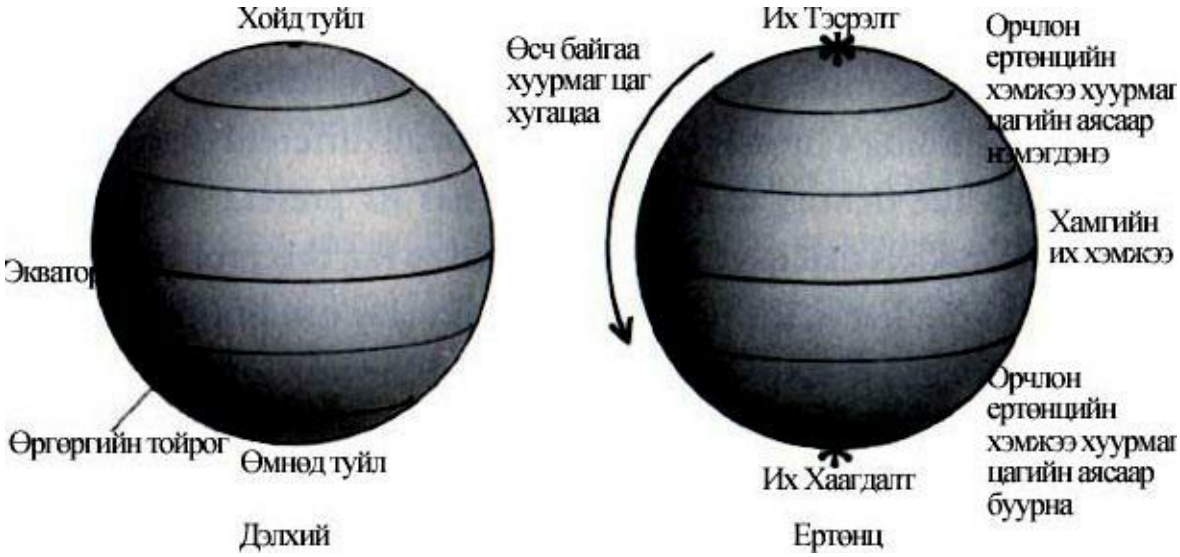
Хэрэв Евклидийн орон-цаг хуурмаг цагаар төгсгөлгүй хүртэл буцаж ухарвал эсвэл хуурмаг цагт онцгой цэг дээрээс эхэлсэн бол харьцангуйн сонгодог онолд байдагчлан орчлон ертөнцийн анхны төлөвийг тодорхойлох асуудал үүснэ. Орчлон ертөнц яаж үүссэнийг Бурхан мэддэг байж болно, гэхдээ тэгж биш ингэж үүссэн гэж сэтгэх ямарч үндэслэлийг бид гаргаж чадахгүй. Харин орон-цаг хил хязгааргүй болохоор хил хязгаар дээрх байдлыг тодорхойлох албагүй гэсэн нэгэн шинэ боломжийг таталцлын квант онол л нээж байна. Тэгэхээр шинжлэх ухааны хуулиудыг алдагдуулах онцгой цэгүүд ч байхгүй бөгөөд орон-цагийн хил хязгаарын нөхцөлүүдэд таарах ямар нэг шинэ онолд эсвэл Бурханд хандахад хүргэдэг орон-цагийн хил хязгаар байхгүй ажээ. "Орчлон ертөнц хил хязгааргүй гэдэг бол түүний хил хязгаарын нөхцөл юм" гэж хэлж болно. Тэгвэл орчлон ертөнц маш биеэ даасан, гадна нь юу ч болж байсан түүнээс үл хамаарахаар байна. Тэр бүтээгдэх ч үгүй, устах ч үгүй байхаар юм. Тэрээр зүгээр л ОРШИН БАЙГАА ажээ.

Би түрүүнд Ватиканы бага хурлын тухай дурдсан. Чухам тэр хурал дээр орон зай, цаг хугацаа хоёр хамтдаа төгсгөлөг боловч хил, зах хязгаар үгүй ямар нэг гадаргуу үүсгэдэг тухай энэ санаагаа анх удаа илэрхийлсэн юм. Гэхдээ миний өгүүлэл хэтэрхий математик шинжтэй байсан бөгөөд тэр үед ерөнхийдөө хэний ч толгойд (миний ч тэр) энэ үндэслэлээс орчлон ертөнцийн туурвил дахь Бурханы үүргийн талаар дүгнэлт хийж болно гэсэн санаа буугаагүй билээ. Ватиканы бага хурал болсон тэр үед би орчлон ертөнцийн тухай дүгнэлт хийхэд хил хязгаар үгүй нөхцлийг хэрхэн ашиглаж болохыг хараахан мэдээгүй байлаа. Гэхдээ хойтон зуныг нь би Санта-Барбарад байдаг Калифорнийн Их Сургуульд өнгөрөөсөн юм. Тэнд миний нэг анд Жим Хартл маань надтай хамтран орон-цаг хил хязгааргүй бол орчлон ертөнц ямар нөхцлийг хангах ёстой вэ гэдэг асуудлыг судлаж байв. Кембрижид энэ ажлыг би Жулиан Латтрел, Жонатан Холиуэл гэсэн хоёр шавьтайгаа үргэлжлүүлсэн билээ.

Цаг хугацаа, орон зай хоер хил хязгааргүй атлаа төгсгөлөг байх ёстой гэдэг энэ үндэслэл зөвхөн санал төдий юм гэдгийг онцломоор байна. Тэр нь ямар нэг өөр зарчмаас урган гарч чадахгүй. Онолын бусад үндэслэлийн нэгэн адил тэрээр эхэндээ уран, зүйр бодлоос дэвшигдсэн байж болох ч дараагаар нь ажиглалттай тохирох таамаглал дэвшүүлж чадах эсэхийн бодит шалгуурт орох ёстой. Таталцлын квант онолын хувьд ийм шалгалт хоёр шалтгаанаар бэрхшээлтэй байдаг. Нэгд, дараагийн бүлэгт үзүүлсэнчлэн, бидэнд харьцангуйн ерөнхий онолыг квант механиктай амжилттай нэгтгэсэн байхаар онол хараахан алга, гэхдээ тийм онолд байх ёстой олон шинж бидэнд нилээд тодорхой болсон. Хоёрт, бүх орчлон ертөнцийг хэсэгчлэн тайлбарладаг бүх загвар нь түүнийг үндэс болгон нарийн тооцоо хийж болох математик харилцаандаа хэтэрхий ээдрээтэй болдог. Ингэхлээр тооцоонд хялбаршуулсан таамаглал, ойролцоо утгууд зайлшгүй, тэглээ ч таамаглал гаргаж авах асуудал маань ээдрээтэй хэвээр л үлдэнэ.

Түүхийн нийлбэрээрээ бүх түүх нь зөвхөн орон-цагийг төдийгүй түүн доторх бүгдийг тухайлбал орчлон ертөнцийн түүхийн ажиглагч байж чадах хүн төрөлхтөн шиг аливаа нарийн нийлмэл организмыг ч тайлбарлах болно. Эндээс "хүмүүн" зарчмын бас нэг зөвтгөлийг харж болно, учир нь хэрэв бүх түүх боломжтой бол тэдний нэгнийх нь хүрээнд бид оршин байж л таарна. Үүнийг ертөнц энэ байгаагаараа байгаагийн шалтгааныг тайлбарлахдаа ашиглах эрхтэй. Ганцхан бидний байхгүй байгаа бусад түүхэнд ямар утга оруулах нь тодорхойгүй байна. Гэхдээ таталцлын квант онолын ийм дүр зураг хэрэв түүхийн нийлбэрийн аргын үед манай орчлон ертөнц боломжит түүхийн зүгээр нэгэнд биш, харин хамгийн магадлалт нэгэнд тохирно гэдгийг үзүүлж чадах бол бүр ч аятайхан байхсан. Үүний тулд бид түүхийн нийлбэрийг Евклидийн хил хязгаар үгүй, боломжит бүх орон-цагийн хувьд гаргах ёстой.

Хил хязгаар байхгүй гэсэн саналыг хүлээн авбал боломжит ихэнх түүхэнд орчлон ертөнц хөгжих боломж бага болох ч бусдаасаа илүү магдлалтай түүхийн хэд хэдэн бүл оршин байх болно. Эдгээр түүхийг дэлхийн гадарга шиг байдалтайгаар дүрсэлж болно, тэгэхдээ Хойд Туйлаас Доошх зай нь хуурмаг цаг хугацаатай дүйнэ, харин бүх цэг нь Хойд Туйлаас адил зайд алслагдсан тойргуудын хэмжээ орчлон ертөнцийн орон зайн хэмжээг төлөөлнө. Орчлон ертөнц Хойд Туйл дээрээс цэг байдалтай эхэлсэн. Өмнө зүг рүү хөдлөх үед өргөрөгийн тэдгээр тойрог хуурмаг цагийн аясаар орчлон ертөнц тэлсэнтэй тохирон нэмэгдэнэ (зураг 8.1). Орчлон ертөнц экватор дээр хамгийн их хэмжээндээ хүрэн, дараа нь хуурмаг цагийн дагуу Өмнөд Туйлын цэг рүү хумигдана. Өмнөд, Хойд Туйлууд дээр орчлон ертөнцийн хэмжээ тэгтэй тэнцүү байх ч гэлээ эдгээр цэг дэлхийн гадарга дээрх Хойд ба Өмнөд Туйлаас ихгүй онцгой цэг байна. Шинжлэх ухааны хуулиуд Өмнөд, Хойд Туйл дээр биелдэг шигээ тэдэн дээр ч биелэх болно.



зураг 8.1

Гэхдээ бодит цаг хугацаанд орчлон ертөнцийн түүх тун өөр харагдана. Арав эсвэл хорин сая жилийн өмнө байсан орчлон ертөнцийн хэмжээ хуурмаг цаг хугацааны түүхийн хамгийн их радиустай тэнцүү, хамгийн бага утгандаа байсан. Дараа нь бодит цаг хугацааны аясаар орчлон ертөнц Линдегийн дэвшүүлсэн, эмх замбараагүй инфляцийн загварын дагуу тэлсэн (гэхдээ энэ удаад орчлон ертөнц ямар нэг байдлаар нарийн тодорхой төлөвт бүрэлдсэн гэж бодох алба ерөөс байхгүй). Орчлон ертөнц маш том хэмжээнд хүрсэн, дараа нь бодит цаг хугацаанд онцгой цэг болж харагдах зүйл рүү эргэн хумигдах ёстой. Иймд аль ч утгаараа бид бүгдээрээ хар нүхнээс хөндий байлаа ч сүйрэх тавилантай. Онцгой цэгүүд орчлон ертөнцийн хөгжлийг хуурмаг цаг хугацаанд төсөөлсөн тохиолдолд л үгүй болно.

Квант ийм төлөвт орчлон ертөнц үнэхээр байсан бол хуурмаг цаг хугацаан дахь түүний түүх ямар ч онцгой цэггүй байх болно. Иймд би онцгой цэгийн талаарх сүүл үеийн ажлуудаараа онцгой цэгийн тухай өмнөх ажлуудаа бүрэн үгүйсгэж байна гэж үзэж болно. Гэхдээ түрүүн тэмдэглэсэнчлэн онцгой цэгийн тухай теоремийн гол ач холбогдол нь тэд таталцлын орон квантын таталцлын нөлөөнүүдийг тооцохгүй байж болохооргүй тийм их хүчтэй болох ёстой гэдгийг үзүүлсэнд оршино. Чухам энэ нь хуурмаг цаг хугацаанд орчлон ертөнц төгсгөлөг, гэхдээ хил, хязгааргүй, онцгой цэггүй байх ёстой гэсэн дүгнэлтэнд хүргэдэг юм. Бидний амьдран байдаг бодит цаг хугацаа руу эргэн хандахаар онцгой цэг ахин бий болно гэдэг нь илэрдэг. Хар нүхэнд унасан сансрын нисгэгч яагаад ч гэсэн эмгэнэлт төгсгөлтэй учрах бөгөөд зөвхөн хуурмаг цаг хугацааны дотор түүнд онцгой цэгтэй уулзах тохиол үгүй байх юм.

Хуурмаг гэгдэх цаг хугацаа үнэндээ бодит цаг хугацаа, харин бодит гэж нэрлэгддэг цаг хугацаа бол бидний төсөөллийн л үр гэж дүгнэх ч хэрэгтэй болж магад. Бодит цаг хугацаанд орон-цагийн хил хязгаарыг үүсгэдэг, шинжлэх ухааны хуулиудыг алдуулах онцгой цэгүүд дээр орчлон ертөнц эхлэл, төгсгөлтэй байдаг. Тэгэхээр чухамдаа бидний хуурмаг гэж нэрлэсэн цаг хугацаа үнэндээ илүү суурь шинжтэй, харин бодит гэж нэрлэдэг цаг хугацаа маань бидэнд яаж харагдаж байсан орчлон ертөнцийг тайлбарлах оролдлогын үед үүссэн субъектив төсөөлөл байж болно. Нэгдүгээр бүлэгт өгүүлсэнчлэн шинжлэх ухааны онол нь ажиглалтын үр дүнг тайлбарлахын тулд бидний байгуулсан жирийн математик загвар бус уу. Тэр нь зөвхөн бидний оюун санаанд л оршин байдаг. Ингэхлээр "бодит" цаг хугацаа бодитой юу, "хуурмаг" цаг хугацаа бодитой юу гэж асуух нь утгагүй. Тайлбарт аль нь илүү таарч байна гэдэг нь л чухал юм.

Одоо түүхийн нийлбэрийн арга, хил хязгаар байхгүй тухай таамаглалыг ашиглан орчлон ертөнц ямар шинж чанаруудыг нэгэн зэрэг агуулж болохыг харж болно. Жишээлбэл орчлон ертөнцийн нягт орчин үеийн утгандаа байх үед орчлон ертөнц бүх чиглэлд бараг ижил хурдаар тэлэх магадлалыг тооцоолж болно. Бидний одоо хүртэл ашигласан хялбаршуулсан загваруудад энэ магадлал маш өндөр байдаг. Өөрөөр хэлбэл хил хязгаар байхгүй гэсэн нөхцөл нь орчлон ертөнцийн тэлэлтийн өнөөгийн явц бүх чиглэлд бараг ижил байх өндөр магадлалтай гэсэн дүгнэлтэнд хүргэдэг. Энэ бол бүх чиглэлд бараг ижил эрчимтэй байдаг бичил-долгионы дэвсгэр цацрагийн ажиглалттай таардаг. Хэрэв зарим чиглэлд бусдаасаа илүү тэлэх байсан бол эдгээр чиглэл дэх цацрагийн эрчим нь нэмэлт улаан шилжилтээс болж багасах байсан.

Хил хязгаар байхгүй нөхцлөөс гарах бусад таамаглалыг одоо авч үзэж байгаа. Ялангуяа нэгэн ижил нягт бүхий эртний орчлон ертөнцийн нягтын өчүүхэн гажуудлын тухай бодлого маш сонирхолтой. Эдгээр гажуудлын дүнд эхлээд галактикууд, дараа нь одод, эцэст нь бид үүссэн юм. Тодорхойгүйн зарчмаар бол бөөмсийн байрлал, хурд хоёрт зарим тодорхойгүй буюу флуктуациуд заавал байх ёстой учраас эртний орчлон ертөнц төгс нэгэн ижил байж чадахгүй. Хил хязгаар байхгүй нөхцлийг үндэс болгон орчлон ертөнцийн анхны төлөвт дор хаяж тодорхойгүйн зарчмын үүднээс боломжит ижил биш шинж үнэхээр байх ёстой гэж үзнэ. Дараа нь орчлон ертөнц инфляцийн загваруудад байдаг шиг хурдан тэлэлтийн үеийг туулсан. Энэ үеийн туршид анхны ижил биш шинжүүд бидний эргэн тойрондоо хардаг тэдгээр бүтцийн үүслийг тайлбарлахад хүрэлцэх хэмжээнд хүртэл даамжирсан. Бодисын нягт нэг газраас нөгөөд үл ялиг өөрчлөгддөг, тэлж байгаа орчлон ертөнцөд илүү нягт бүхий мужийн тэлэлт нь таталцлын нөлөөгөөр удааширч, хумилтанд шилжсэн. Энэ нь галактик, од, эцэст нь бид мэтийн өчүүхэн амьтад ч үүсэхэд хүргэх ёстой. Иймд бидний олж хардаг нарийн нийлмэл бүх бүтэц үүссэнийг харьцангуйн квант механик зарчимтай нийцдэг, орчлон ертөнцөд хил хязгаар байхгүй нөхцлөөр тайлбарлаж болно.

Орон зай, цаг хугацаа хоёр хил хязгаар үгүй битүү гадарга үүсгэдэг тухай төсөөллөөс орчлон ертөнцийн амьдрал дахь Бурханы үүргийн тухай маш чухал мөрдөлгөө бас урган гардаг. Үйл явдлыг тодорхойлон бичих тал дээр шинжлэх ухааны өнөөдөр хүрсэн амжилттай холбоотойгоор, орчлон ертөнцийг хуулийн тодорхой системийн дагуу хөгжихийг, түүний хөгжилд оролцохгүй, эдгээр хуулийг эвдэхгүйг Бурхан зөвшөөрсөн гэсэн итгэл үнэмшилд ихэнх эрдэмтэд хүрсэн байна. Гэвч орчлон ертөнц үүсэх үедээ ямаршуухан харагдах ёстой талаар эдгээр хууль бидэнд юу ч өгүүлдэггүй бөгөөд цагийг түлхэх, эхлэлийг сонгох хоёр нь яаж ийгээд Бурханы ажил байж таардаг. Орчлон ертөнцөд эхлэл байсан гэж бодохдоо бид түүнд бүтээгч байсан гэж боддог. Хэрэвзээ орчлон ертөнц хил, хязгаар үгүй бүрэн бие даасан байдалтай бол түүнд эхлэл ч, төгсгөл ч байхгүй байх ажээ. Тэр зүгээр л оршин байх юм. Ингэвэл бүтээгчид байр үлдэх бол уу?

Есдүгээр бүлэг

Цаг хугацааны чиг

Цаг хугацааны уг чанарын талаарх бидний үзэл он цаг өнгөрөхийн хэрээр хэрхэн өөрчлөгдөж ирсэнийг өмнөх бүлгүүдэд авч үзлээ. Манай зууны эхэн хүртэл хүмүүс үнэмлэхүй цаг хугацаанд итгэж байв. Энэ нь үйл явдал бүрийг цор ганц байдлаар "цаг хугацаа" хэмээх нэгэн хэмжигдэхүүнээр тэмдэглэж болох бөгөөд яг зөв явдаг цаг бүхэн хоёр үйл явдал хооронд ижил хугацааг заана гэдгийг илэрхийлнэ. Гэвч гэрлийн хурд аливаа ажиглагчийн хувьд тэрээр хэрхэн хөдөлж байгаагаас үл хамааран ижил байна гэсэн нээлт үнэмлэхүй цаг хугацааны оршихуйг үгүй хийсэн харьцангуйн ерөнхий онол бий болоход хүргэсэн юм. Ажиглагч бүр өөрийн цагаар хэмжих өөрийн гэх цаг хугацаатай агаад янз бүрийн ажиглагчийн цагийн заалт таарч байх албагүй. Цаг хугацаа нь түүнийг хэмжих ажиглагчтай холбоотой илүү субъектив ойлголт боллоо.

Таталцлыг квант механиктай нэгтгэх оролдлогууд "хуурмаг" цаг хугацааны тухай ойлголтонд хүргэв. Хуурмаг цаг хугацаа орон зайн чиглэлээр ялгагдахгүй. Хойд зүг явж болсон бол эргээд өмнө зүг рүү явж болно. Энэчлэн хэрэв хэн нэг нь хуурмаг цаг хугацаанд урагш явж болсон бол тэрээр эргээд буцан явж чадах ёстой. Энэ нь хуурмаг цаг хугацааны эсрэг тэсрэг чиглэлийн хооронд онцын ялгаа байхгүй гэсэн үг. Харин "бодит" цаг хугацаа руу хандвал урагшлах, ухрах хөдөлгөөний хооронд том ялгаа үүсдэг. Өнгөрсөн, ирээдүй хоёрын ялгаа хаанаас үүсдэг вэ?- Яагаад бид өнгөрсөнөө мэддэг, ирээдүйгээ мэддэггүй вэ?

Шинжлэх ухааны хуулиуд өнгөрсөн, ирээдүй хоёрын хооронд ялгаа тавьдаггүй. Тодруулбал шинжлэх 160 ухааны хуулиуд С,Р,Т үсгээр тэмдэглэгдсэн (С-бөөмийг эсрэг-бөөмөөр солих, Р-зүүн, баруун нь байраа солих толин тусгал, Т-бүх бөөмийн хөдөлгөөний чиглэлийг эсрэгээр өөрчлөх) хувиргалтанд (буюу тэгш хэмд) өөрчлөгддөггүй.

Жирийн бүх нөхцөлд бодисын үйлдлийг жолооддог физикийн хуулиуд С,Р хоёр хувиргалтын дараа ч өөрчлөгдөхгүй. Өөрөөр хэлбэл амьдрал бидний хувьд ч, өөр гарагийн оршин суугчдын хувьд ч хэрэв тэд нэгдүгээрт манай толин тусгал мөн бол, хоёрдугаарт бодисоос биш, харин эсрэг-бодисоос тогтсон бол адил байна. Шинжлэх ухааны хуулиуд С, Р хосолсон хувиргалт, бүр С,Р,Т гурвалсан хослолыг ч зөрчдөггүй бол эдгээр хууль дан Т ажиллагаа биелэх үед ч зөрчигдөх ёсгүй. Гэвч жирийн амьдралд цаг хугацаан дахь урагшлах, ухрах хөдөлгөөний хооронд их ялгаа байдаг. Устай аяга ширээнээс унаж хэдэн хэсэг болон хагарсан гэж бодъё. Энэ уналтыг хальсанд буулгаж авсан бол хөдөлгөөнт дүрсийг үзэх үед л бичлэг урагш уншиж байна уу, хойш уншиж байна уу гэдэг нь шууд тодорхой болно. Хэрэв бичлэг хойш гүйж байгаа бол шалан дээр байсан хагархайнууд гэнэт цугларч бүтэн аяга болон ширээн дээр үсрэн гарахыг бид үзнэ. Жирийн амьдралд ийм юм байхгүй учраас бичлэгийг хойш гүйлгэсэн гэж та батлаж чадна.

Яагаад хагарсан аяга ширээн дээр эргээд бүтэн болж буцдаггүйг тайлбарлахын тулд энэ нь термодинамикийн хоёрдугаар хуулийг зөрчихөөр юм гэдгийг л эш татъя. Аливаа хаалттай системд эмх цэгцгүй буюу энтропи цаг өнгөрөх тутам ямагт өсдөг гэж уг хууль өгүүлдэг. Өөрөөр хэлбэл энэ нь бүх юм үргэлж буруугаар явах хандлагатай байдаг хэмээх Мёрфигийн хуулийн илэрхийлэл юм. Ширээн дээр байгаа бүтэн аяга бол дээд эмх цэгцийн төлөв, харин шалан дээр байгаа хагарсан нь эмх цэгцгүй төлөвт байна. Өнгөрсөн цагт ширээн дээр байсан бүтэн аяганаас шалан дээр хагарсан аяга хүртэл замыг туулахад бэрх биш, гэвч эсрэг үйл явц боломжгүй юм.

Эмх цэгцгүй буюу энтропи аяндаа нэмэгдэх нь цаг хугацааны чиг гэгдэх тодорхойлолтуудын нэг

юм өөрөөр хэлбэл өнгөрсөнийг ирээдүйгээс ялгаж, цаг хугацааны чиглэлийг тодорхойлох боломжуудын нэг юм. Дор хаяж цаг хугацааны гурван төрлийн чигийг ялгаж болно. Нэгд, эмх цэгцгүй буюу энтропи өсч байдаг цаг хугацааны чиглэлийг заадаг термодинамикийн чиг. Хоёрт, бидэнд цаг хугацаа урсан өнгөрч байгааг мэдрүүлдэг психологийн чиг. Уг чиглэлд бид өнгөрсөнийг санадаг ч ирээдүйг санадаггүй. Гуравдахь нь сансрын чиг. Цаг хугацааны энэ чиглэлд орчлон ертөнц тэлдэг, харин хумигддаггүй юм. Энэ бүлэгт орчлон ертөнцөд хил хязгаар байхгүй гэдэг нөхцлийг "хүмүүн" сул зарчимтай хослуулан яагаад цаг хугацааны гурван чиг гурвуулаа нэгэн зүгт чиглэдэгийг, түүнээс гадна яагаад цаг хугацааны нарийн тодорхой чиг оршин байх ёстойг нотлоно. Психологийн чиг термодинамикийнхаар тодорхойлогдоно гэдгийг, энэ хоёр хоёулаа үргэлж ижил чиглэлтэй байдаг гэдгийг би нотлон үзүүлнэ. Орчлон ертөнцийн хувьд хил хязгаар үгүй гэдэг нөхцөл зөв бол цаг хугацааны термодинамик болон сансрын маш тодорхой чиг байх ёстой ч тэд орчлон ертөнцийн бүхий л түүхийн туршид ижил чиглэлтэй байх албагүй гэдгийг бид үзэх болно. Гэхдээ миний үзүүлсэнчлэн эдгээр чиг нэг зүгт чиглэсэн тохиолдолд л яагаад орчлон ертөнц тэлдэг цаг хугацааны тэр чиглэлд эмх замбараагүй нэмэгддэг вэ? гэсэн асуулт тавих чадалтай ухаант амьтны хөгжилд тохирох нөхцөл үүсч чадах юм. Эхлээд термодинамикийн чигийг авч үзье. Эмх цэгцгүй төлөв нь эмх цэгцтэй төлөвөөс ямагт их байдаг гэдгээс термодинамикийн хоёрдугаар хууль урган гардаг. Жишээ нь эвлүүлдэг зургийг аваад үзье. Хэрэгтэй дүр зураг бүрдэх харилцан холбоотой зөвхөн нэг байрлал байна. Тэгэхэд зураг ерөөс бүрдэхгүй байх эмх замбараагүй янз бүрийн маш олон байрлал бий. Эмх цэгцтэй цөөн төлөвийн нэгнээс ямар нэг систем хөгжиж эхэлсэн байг. Яваандаа системийн төлөв шинжлэх ухааны хуультай бүрэн таарч өөрчлөгдөх болно. Эмх цэгцгүй төлөв их байдаг болохоор хэсэг хугацааны дараа эмх цэгцтэй төлөв бүхий систем нь эмх цэгцгүй төлөвт даруй шилжинэ. Иймд хэрэв систем эхлээд дээд эмх цэгцийн төлөвт байсан бол яваандаа эмх цэгцгүй өсөн нэмэгдэнэ. Тэгэхээр эвлүүлдэг зураг маань эвлэчихсэн байсан бол холих үед тэдний байрлал өөрчлөгдөж, даруй эмх цэгцгүй болно, яагаад гэвэл эмх цэгцгүй төлөв эмх цэгцтэйгээсээ хамаагүй их байдаг. Иймд эвлүүлсэн зураг эвдэрэх нь мэдээж. Зарим хэсэг нь зургийн нэг хэсгийг бүрдүүлж хамтдаа байж болох боловч бид түүнийг холих тусам энэ хэсэг задарч, холилдох магадлал улам өснө. Эцсийн эцэст бидэнд ямарч дүр зураг үлдэхгүй. Ингэхлээр хэрэв эхлээд дээд эмх цэгцтэй төлөв байсан бол эмх цэгцгүй яваандаа өснө.

Гэхдээ орчлон ертөнцийн хөгжил анхны төлөвөөсөө үл хамааран дээд эмх цэгцийн төлөвөөр өндөрлөхийг Бурхан таалжээ гэж үзье. Эрт үедээ орчлон ертөнц эмх замбараагүй төлөвт байсан нь бүр магадлалтай. Энэ нь эмх замбараагүй яваандаа багасна гэсэн үг. Тэгэхээр хагарсан аяга хагархайнуудаасаа цогцлон ширээн дээр хэрхэн үсрэн гарахыг та үзэх нь. Гэхдээ тийн үсрэх аягыг харах хүмүүс эмх цэгцгүй яваандаа багасах орчлон ертөнцийн оршин суугчид байх ёстой. Эдгээр хүмүүсийн психологийн чиг ухарсан зүгт байх ёстой гэж би батлаж байна. Тодруулбал тэд ирээдүйд болох үйл явдлыг мэдэх ч өнгөрсөнд болсон үйл явдлыг санах ёсгүй. Хагарсан аягыг хараад ширээн дээр яаж байхыг нь эргэн санах ч ширээн дээр байх үед нь түүнийг шалан дээр байсныг санахгүй байх байсан. Бид уураг тархиа хэрхэн ажилладагийг бүх бүрдэл хэсгээр нь мэддэггүй болохоор хүний ой санамжийн талаар эрэгцүүлэх нь жирийн нэг хэрэг огт биш. Тэгсэн хэрнээ компьютерын ой санамж хэрхэн ажилладагийг бүх талаар нь мэддэг. Иймд би цаг хугацааны психологи чигийг компьютерын хувьд ярих болно. Надад психологийн чиг компьютеруудад ч, хүмүүст ч нэг гэж төсөөлөхөд бүрэн утгатай санагддаг. Хэрэв тийм биш байсансан бол хувьцааны маргаашийн багцыг санадаг компьютертэй байгаад бирж дээр сайхан тоглохсон.

Компьютерийн ой санамж бол бүдүүлгээр хэлбэл хоёр төлөвийн аль нэгэнд нь байрлаж болох

элементүүдийг агуулсан төхөөрөмж. Энэ төхөөрөмжийн энгийн жишээ бол сампин юм. Хамгийн жирийн хэлбэрээрээ компьютер бол тус бүрт нь эрхи суулгасан хөндлөн төмөр утасны цуглуулга. Эрхи бүр нь хоёр байрлалын нэгэнд байна. Компьютерийн ой санамжинд юу ч өгөгдөөгүй байх хүртэл эрхиний боломжит хоёр байрлал хоёул адил магадлалтай байх эмх цэгцгүй төлөвт байна. (Утсан дахь эрхинүүд санамсаргүй байдлаар хуваарилагддаг.) Төлөвийг нь тогтоох ёстой системтэй ой санамж харилцан үйлчлэлцсэний дараа түүний төлөв системийн төлөвөөс хамаармал бүрэн тодорхой болдог. (Сампингийн эрхи бүр төмөр утасны нэг бол баруун, үгүй бол зүүн талд байрлана.) Ингээд компьютерын ой санамж эмх цэгцгүйгээс эмх цэгцтэй төлөвт шилжлээ. Гэхдээ ой санамж зөв төлөвт байна гэдгийг тодорхой болгохын тулд нилээд тооны (жишээ нь, эрхийг сампиндахад эсвэл компьютерийн тэжээлд зориулсан) энерги зарцуулах хэрэгтэй. Энэ энерги дулаан болж, үүнээс улбаалж орчлон ертөнц дэх эмх замбараагүйн хэмжээ нэмэгдэнэ. Эмх замбараагүйн энэ нэмэгдэлт уг ой санамжийн цэгцрэлтээс ямагт илүү байна. Хөргүүрээр компьютерийг заавал хөргөдөг нь компьютер ой санамжиндаа юуг ч юм тэмдэглэх үед орчлон ертөнц дэх нийт эмх цэгцгүй яаж ийгээд нэмэгдэнэ гэдгийг илтгэнэ. Компьютер өнгөрсөнийг санах цаг хугацааны энэ чиглэл нь эмх цэгцгүй нэмэгддэг чиглэлтэй давхацдаг.

Иймд цаг хугацааны субъектив мэдрэмж, цаг хугацааны психологи чиг маань бидний тархинд цаг хугацааны термодинамик чигээр тодорхойлогддог. Компьютерийн нэгэн адил бид үйл явдлыг энтропи өсдөг тэр дараалалд санах ёстой. Термодинамикийн хоёрдугаар хууль одоо бараг ойлгомжтой боллоо. Бид цаг хугацааг эмх цэгцгүй өсдөг чиглэлд хэмждэг учраас эмх цэгцгүй цагийн аясаар өсдөг. Үүнээс найдвартай бооцоо тавих боломжгүй юм! Ингэхэд яагаад цаг хугацааны термодинамик чиг оршин байх ёстой вэ? Өөрөөр хэлбэл яагаад өнгөрсөн гэж бидний нэрлэдэг цаг хугацааны эхэнд орчлон ертөнц дээд эмх цэгцтэй төлөвт байсан байх ёстой вэ? Яагаад бүрэн эмх цэгцгүй төлөвт байгаагүй вэ? Энэ нь л илүү магадлалтай юм биш үү, Түүнээс гадна яагаад орчлон ертөнц тэлдэг тэр чиглэлд л эмх цэгцгүй яваандаа өсдөг вэ? Их тэсрэлтийн онцгой цэг дээр бидэнд мэдэгдэж байгаа байгалийн тухай бүх хуулиуд алдагдах ёстой учраас харьцангуйн сонгодог ерөнхий онолд орчлон ертөнц хэрхэн үүссэнийг тооцоолж чаддаггүй юм. Орчлон ертөнц нэгэн ижил, сайтар цэгцлэгдсэн төлөвөөс үүсчээ. Энэ нь бидний одоо авч үзэж байгаа шиг цаг хугацааны нарийн тодорхой термодинамик, сансрын чигт хөтлөн аваачиж болох. Гэвч орчлон ертөнцийн анхны төлөв огт нэгэн ижил биш, эмхлэгдээгүй байсан байж ч болно. Энэ тохиолдолд орчлон ертөнц бүрэн эмх цэгцгүй төлөвт байж, эмх замбараагүй нь цагийн аясаар нэмэгдэж чадахгүй байх юм. Эмх замбараагүй нь цаг хугацааны термодинамик чиг байхгүй үед өөрчлөгдөхгүй үлдэж болох байсан, эсвэл цаг хугацааны термодинамик чиг сансрын чигийн эсрэг чиглэсэн үед багасаж болох байсан. Эдгээр боломжийн нэг нь ч бидний ажиглаж байгаатай таарахгүй. Гэвч бидний үзүүлсэнчлэн харьцангуйн сонгодог ерөнхий онол сүйрлээ урьдчилан зарладаг. Орон-цагийн муруйлт их болоход квантын таталцлын нөлөөнүүд чухал болж, сонгодог онол орчлон ертөнцийг тайлбарлах найдвартай үндэслэл байхаа болино. Орчлон ертөнц хэрхэн үүссэнийг ойлгохын тулд таталцлын квант онолд хандах нь зайлшгүй. Гэхдээ таталцлын квант онолд орчлон ертөнцийн төлөвийг тодорхойлохын тулд өмнөх бүлэгт бидний үзсэнчлэн өнгөрсөн үед орон-цагийн хил хязгаар дээр орчлон ертөнцийн бололцоот түүхүүд хэрхэн өрнөхийг мэдэх хэрэгтэй. Бид юуг мэдэхгүй байна, юуг мэдэж чадахгүй байна гэдгээ тодорхойлоход үүсэх энэ бэрхшээл тэдгээр түүх төгсгөлөг өрнөлтэй ч хил, хязгаар буюу онцгой цэггүй хэмээх хил хязгаар үгүйн нөхцлийг хангасан тохиолдолд л арилна. Тэгвэл цаг хугацааны эхлэл нь орон-цагт тогтвортой, нэгэн хэвийн цэг байх ёстой бөгөөд орчлон ертөнц тэлэлтээ нэгэн ижил, цэгцтэй төлөвөөс эхэлсэн байхаар байна. Эхлэл нь төгс нэгэн ижил байж чадахгүй, яагаад гэвэл үүнийг квант онолын тодорхойгүйн зарчим эвдэнэ. Энэ нь бөөмийн нягт, хурдны үл

ялиг флуктуациуд орших ёстой гэсэн үг. Гэхдээ хил хязгаар байхгүй нөхцөл нь энэ флуктуаци тодорхойгүйн зарчимтай тааран өчүүхэн байх ёстой гэж өгүүлдэг. Орчлон ертөнц эхлээд бүх хурдаараа буюу "инфляцийн" хурдтайгаар тэлсэн, үүний үр дүнд хэмжээ нь олон дахин нэмэгдсэн аж. Нягтын флуктуаци эхэндээ бага байсан, дараа нь нэмэгдэж эхэлсэн байж болно. Нягт нь дундажаас үл ялиг илүү болсон тэр мужуудын тэлэлт нэмэгдэл массын таталцлаас болж удааширчээ. Эцсийн эцэст тэдгээр муж тэлэхээ больж, хумигдсаны үр дүнд галактикууд, одод, бид мэтийн амьд амьтад үүсэв. Ингэж орчлон ертөнц нэгэн ижил, цэгцтэй төлөвөөс үүсч, яваандаа нэгэн ижил биш, цэгцгүй төлөвт шилжсэн байна. Иймэрхандлагыг цаг хугацааны термодинамик чигийн оршин байхуй тайлбарлаж чадна.

Гэвч орчлон ертөнц тэлэхээ больж, хумигдаж эхлэхэд юу болох бол? Тэр үед цаг хугацааны термодинамик чиг ухрах юм бол уу? Эмх цэгцгүй яваандаа багасч эхлэх үү? Тэлэлтийн үеэс хумилтын үед шилжих шилжилтийг үзэх аз тохиосон хүмүүсиин өмнө хамгийн гайхалтай боломжууд нээгдэх юм. Хага үсэрсэн аяганы хагархайнууд шалан дээр цугларч, ширээн дээр эргэн гарахыг тэд харж ч магадгүй бус уу? Эсвэл тэд хувьцааны маргаашийн багцийг нь эргэн санаж, бирж дээр амжилттай тоглож ч магад. Хэрэв орчлон ертөнц эргэн хумигдаж эхэлбэл юу болох талаар санаа зовних нь хумилт дор хаяж арван мянган сая жилд хараахан болохгүй болохоор нилээд эртэдсэн мэт санагдаж болох л доо. Гэхдээ энэ тухай мэдэхэд нэг их цаг орохгуй. Үүний тулд зүгээр л хар нүх рүү үсрэх хэрэгтэй. Хар нүхний төлөвөөр төгсөх оддын хумилт орчлон ертөнцийн хумилтын эцсийн шаттай адил байна. Иймд хэрэв эмх цэгцгүй орчлон ертөнцийн хумилтын шатанд багасах ёстой бол тэрээр хар нүхний дотор ч багасах болно. Тэгвэл хар нүхэнд унасан сансрын нисгэгч бооцоо тавихаасаа өмнө бөмбөг аль ховилд орохыг санах болохоор ховилт хүрдээр тоглон их мөнгө хожих байлаа. (Харамсалтай нь тоглоом сансрын нисгэгч өөрөө гоймон болон хувирчихаагүй байх хүртэл нэг их удаан үргэлжлэхгүй аж. Термодинамик чигийн ухралтын талаар бидэнд мэдээлж ч, хожлоо авч ч амжилгүй хар нүхний үйл явдлын хаяавчийн цаана орж үгүй болох байсан.) Орчлон ертөнцийн хумилтын үед эмх цэгцгүй багасах ёстой гэж эхэндээ би бодож байлаа. Яагаад гэвэл эргэн жижгэрч байгаа орчлон ертөнц нэгэн хэвийн, цэгцтэй төлөвт ахин орох ёстой гэж би бодсон юм. Энэ нь хумилтын фаз цагийн хувьд ухарсан тэлэлтийн фазтай ижил гэсэн үг, Хумилтын шатанд амьдрал урвуу чиглэлээр өрнөх ёстой, тэгэхээр хүмүүсийн үхэл төрөхөөс нь өмнө байж, орчлон ертөнц хумигдахын хэрээр улам залуу болох байлаа. Ийм дүгнэлтийн сэтгэл татам байдал нь тэлэлтийн фаз, хумилтын фаз хоорондын гоё тэнцвэрт оршиж байв. Гэхдээ үүнийг орчлон ертөнцийн тухай төсөөллүүдээс ангид, дангаар нь авч үзэж болохгүй. Энэ дүгнэлт хил хязгаар үгүй гэдэг нөхцлөөс урган гарч байна уу эсвэл энэ нөхцөлд харш байна уу? гэсэн асуулт үүсч байна. Түрүүн өгүүлсэнчлэн хил хязгаар үгүйн нөхцөл үнэхээр эмх цэгцгүй нь хумилтын шатанд нэмэгдэх ёстойг заана гэж эхэндээ бодсон юм. Зарим талаар намайг дэлхийн гадаргын адилтгал төөрөгдөлд оруулж байлаа. Орчлон ертөнцийн эхлэл Хойд Туйлтай давхцана гэж үзье. Тэгвэл орчлон ертөнцийн төгсгөл эхлэлтэйгээ Хойд Туйл Өмнөд Туйлтайгаа адил байдаг шиг адил байх ёстой. Гэхдээ Хойд, Өмнөд Туйлууд хуурмаг цаг хугацаанд орчлон ертөнцийн эхлэл, төгсгөл хоёртой таарна. Бодит цаг хугацаанд эхлэл, төгсгөл хоёр бие биеэсээ нилээд ялгаатай байна. Хумилтын фаз цагийн хувьд ухарсан тэлэлтийн фазтай адил байдаг орчлон ертөнцийн энгийн нэг загварыг авч үзсэн ажил маань ч намайг төөрөгдөлд оруулж байлаа. Гэвч миний хамтрагч, Пенсильваний Их Сургуулийн Дон Пейж хил хязгаар үгүйн нөхцөл нь хумилтын фаз цагийн хувьд ухарсан тэлэлтийн фаз байхыг шаардахгүй гэдгийг үзүүлсэн юм. Үүнээс гадна шавь нарын маань нэг Реймонд Лефлемм нилээд нарийн ээдрээтэй загварт орчлон ертөнцийн хумилт тэлэлтээсээ их ялгаатай гэдгийг тогтоов. Би алдсанаа ойлголоо. Үнэндээ хил хязгаар үгүйн нөхцөл нь хумилтын үед эмх цэгцгүй өсөн нэмэгдсээр байх ёстойг өгүүлж байна. Цаг хугацааны

термодинамик болон психологи чигүүд чиглэлээ хар нүхэнд ч, эргэн хумигдаж эхэлсэн орчлон ертөнцөд ч эсрэг зүгт өөрчилдөггүй ажээ. Ийм алдааг өөрөөсөө олоод та юу хийх байсан бол? Зарим нь өөрийн бурууг хэзээ ч хүлээхгүй, өөрийн санаануудад тус болох шинэ, шинэ, огт үндэслэгээгүй олон үндэслэлийг эрж хайдаг. Эддингтон хар нүхний онолыг эсэргүүцэгч болоод яг ингэж байсан юм. Нөгөө хэсэг нь ийм буруу үзлийг хэзээ ч баримтлаж байгаагүй, хэрэв баримтлаж байсан бол түүний үндэсгүйг үзүүлэхийн тулд л баримтлаж байсан гэдгээ зарладаг. Өөрийн бурууг албан ёсоор хүлээн зөвшөөрөх нь илүү зөв юм шиг надад санагддаг. Орчлон ертөнцийн тогтвортой загварыг бий болгох үед хэрэг болсон сансрын тогтмолыг оруулсаныгаа өөрийнхөө хамгийн том алдаа гэж Эйнштейн зарлаж байсан нь үүний сайхан жишээ юм.

Цаг хугацааны чигдээ эргэн оръё. Яагаад цаг хугацааны термодинамик болон сансрын чиг ижил чиглэлтэй гэж үзэж байна вэ? Өөрөөр хэлэх юм бол яагаад эмх цэгцгүй нь орчлон ертөнц тэлдэг тэр чиглэлд яваандаа өсдөг вэ? гэсэн нэг асуулт бидэнд үлдсэн. Хил хязгааргүйн нөхцлийн өгүүлж байгаачлан хэрэв орчлон ертөнц тэлээд дараа нь хумигдаж эхлэнэ гэж тооцвол асуулт маань яагаад бид хумилтын фазд биш, харин тэлэлтийн фазд байх ёстой вэ? гэх маягтай болж өөрчлөгдөнө. "Хүмүүн" сул зарчимын үндсэн дээр энэ асуултанд хариулж болно. Хумилтын фаз дахь нөхцлүүд яагаад эмх цэгцгүй нь орчлон ертөнц тэлж байгаа тэр чиглэлд яваандаа өсдөг вэ гэж асуух чадалтай ухаант амьтдын оршин байхуйд тохирохгүй. Хил хязгаар үгүйн нөхцлийн урьдчилан хэлдэг орчлон ертөнцийн эрт үеийн инфляци нь орчлон ертөнц эргэн хумилтаас зайлхийх, иймд хумилтанд мөд хүрэхгүй тэрхүү ханасан хурданд маш ойрхон хурдаар тэлсэн гэдгийг заадаг. Гэхдээ тэр үед бүх од шатаж дуусаад, тэдний үүсгэсэн протон, нейтронууд бүр жижиг бөөмс болон задарсан байна. Орчлон ертөнц цаг хугацааны термодинамик тодорхой нэг чиггүй, үнэхээр бүрэн эмх цэгцгүй төлөвт үлдэх байв. Эмх цэгцгүй маш ихээр нэмэгдэж чадахгүй, орчлон ертөнц ч тийн бараг бүрэн эмх цэгцгүй төлөвт байх байлаа. Гэвч ухаант амьдрал оршин байхад термодинамик тодорхой нэг чиг зайлшгүй аж. Амьдрахын тулд хүмүүс энергийн цэгцтэй хэлбэрийг тээгч болж илэрхийлэгдэх хүнс тэжээлийг хэрэглэн, түүнийг дулаан болгон өөрөөр хэлбэл энергийн эмх цэгцгүй хэлбэр болгон хувиргах ёстой. Ингэхлээр хумилтын шатанд ухаант ямарч амьдрал байж чадахгүй. Энэ нь яагаад бидний хувьд цаг хугацааны термодинамик болон сансрын чиг ижил чиглэлтэй байдгийг тайлбарлана. Эмх цэгцгүй нь орчлон ертөнцийн тэлэлтээс болоод нэмэгддэг мэтээр бодох нь буруу. Эмх цэгцгүй өсөхийг болон зөвхөн тэлэлтийн фазд ухаант амьдралд тохирох нөхцөл бүрдэхийг хил хязгаар үгүйн нөхцөл бүрэлдүүлдэг билээ.

Үр дүнгээ тооцъё. Шинжлэх ухааны хуулиуд цаг хугацааны "урагшлах", "ухрах" чиглэлийн хооронд ялгаа тавьдаггүй. Гэхдээ ирээдүйг өнгөрсөнөөс ялгах цаг хугацааны дор хаяж гурван чиг байна. Эдгээр нь эмх замбараагүй өсч байдаг цаг хугацааны чиглэл болох термодинамик чиг, бидэнд ирээдүйг биш, харин өнгөрсөнийг сануулдаг цаг хугацааны чиглэл болох психологийн чиг, орчлон ертөнц хумигддаг биш, харин тэлж байдаг цаг хугацааны чиглэл болох сансрын чиг юм. Психологийн чиг термодинамик чигтэй үнэхээр тэнцүү, тэгэхээр тэд хоёул ижил чиглэлтэй байх ёстой гэдгийг би үзүүллээ. Хил хязгаар үгүйн нөхцлөөс цаг хугацааны термодинамик тун нарийн чиг байгаа нь урган гарна, яагаад гэвэл орчлон ертөнц нэгэн хэвийн, эмх цэгцтэй төлөвт үүссэн байх ёстой. Термодинамикийн болон сансрын чиг давхцдаг шалтгаан нь ухаант амьтан зөвхөн тэлэлтийн фазд л амьдарч чадна гэдэг дээр суурилдаг. Хумилтын фазд цаг хугацааны термодинамик нарийн чанд чиг байхгүй болохоор ухаант амьдралд тэр нь тохирохгүй.

Орчлон ертөнцийг танин мэдэх замд хүн төрөлхтний хийсэн дэвшил орчлон ертөнцийн өсөн нэмэгдэх эмх цэгцгүйд эмх цэгцийн бяцхан булан үүсэхэд хүргэсэн ажээ. Хэрэв та энэ номын үг

бүрийг тогтоосон бол санах ой тань хоёр сая орчим нэгж мэдээлэл авч, таны тархин дахь эмх цэгц бараг хоёр сая нэгжээр нэмэгдсэн. Гэхдээ та энэ номыг уншиж байхдаа хүнс тэжээлийн байдлаар авсан наанадаж мянган калори цэгцтэй энергийг хөлс ялгаруулах замаар дулаан болгон орчин тойрныхоо агаарт шингээн, эмх цэгцгүй энерги болгон хувиргасан. Энэ үед орчлон ертөнц дэх эмх цэгцгүй таны тархин дахь эмх цэгцийн дурдсан нэмэгдэлтээс арван саяын саяын сая дахин их буюу ойролцоогоор хорин саяын саяын саяын сая нэгжээр өссөн, тэгэхдээ энэ номонд орсон бүхнийг санаж байгаа бол шүү дээ. Дараагийн бүлэгт би орчлон ертөнцөд болж байгаа бүхнийг хамарсан бүрэн нэгдмэл онолыг бүтээхийг чармайн миний ярьсан тэдгээр тусгаар онолыг бие биетэй нь нэгтгэх гэж хүмүүс хэрхэн оролдсоныг өгүүлэхдээ таны тархинд арай их эмх цэгц төрүүлэхийг оролдох болно.

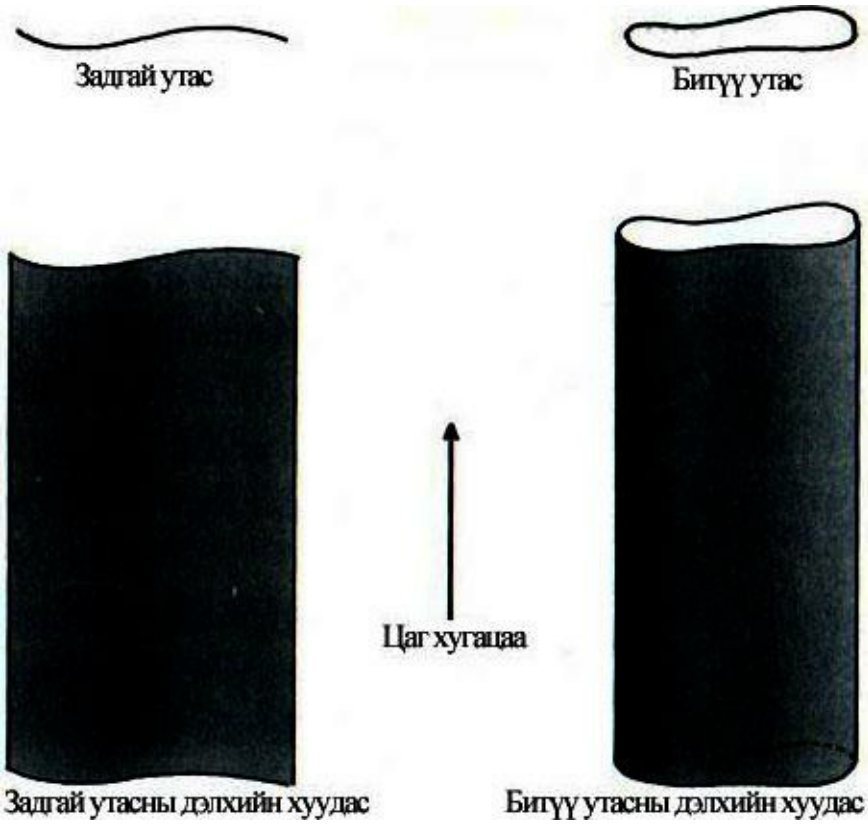
Аравдугаар бүлэг

Физикийн нэгдэл

Орчлон ертөнцөд болж байгаа бүхнийг тайлбарлах бүрэн нэгдмэл онолыг нэгэн амьсгаагаар бүтээх нь нэгдүгээр бүлэгт ярьсанчлан огтхон ч амар биш юм. Ингээд бид үйл явдлын хязгаарлагдмал хэсгийг тайлбарладаг тусгаар онолууд бүтээн, бусад нөлөөг орхиж эсвэл тодорхой тоогоор орлуулж урагшилдаг. (Химид атомын цөмийн дотоод бүтцийг мэдэхгүйгээр атомуудын харилцан үйлчлэлийг тооцож байсан байх жишээтэй.) Гэхдээ эцсийн эцэст энэ бүх тусгай онолыг орлох, өөрийн дурын хэмжигдэхүүний утгыг туршлагатай тааруулах албагүй ийм нэгэн бүрэн, зөрчилгүй нэгдмэл онолыг олно гэдэгт итгэж болно. Ийм онолын эрэл нь "физикийн нэгдэл" гэдгээр алдаршсан юм. Эйнштейн амьдралынхаа сүүлийн жилүүдийг нэгдмэл онолын эрэл хайгуулд зориулсан ч тэр үед тохироо нь бүрдээгүй байжээ. Тухайн үед таталцал болон цахилгаан-соронзон хүчний тухай тусгай онолууд байсан боловч цөмийн хүчний талаар мэдэгдсэн юм бага байлаа. Түүнээс гадна квант механикийн хөгжилд тодорхой үүрэг гүйцэтгэсэн мөртлөө түүнд итгэхээс Эйнштейн өөрөө татгалзаж байв. Гэтэл тодорхойгүйн зарчим бидний амьдарч буй орчлон ертөнцийн суурь шинж мөн болтой. Иймд тэрээр үнэнхүү нэгдмэл онолын бүрэлдэхүүн хэсэг болох ёстой.

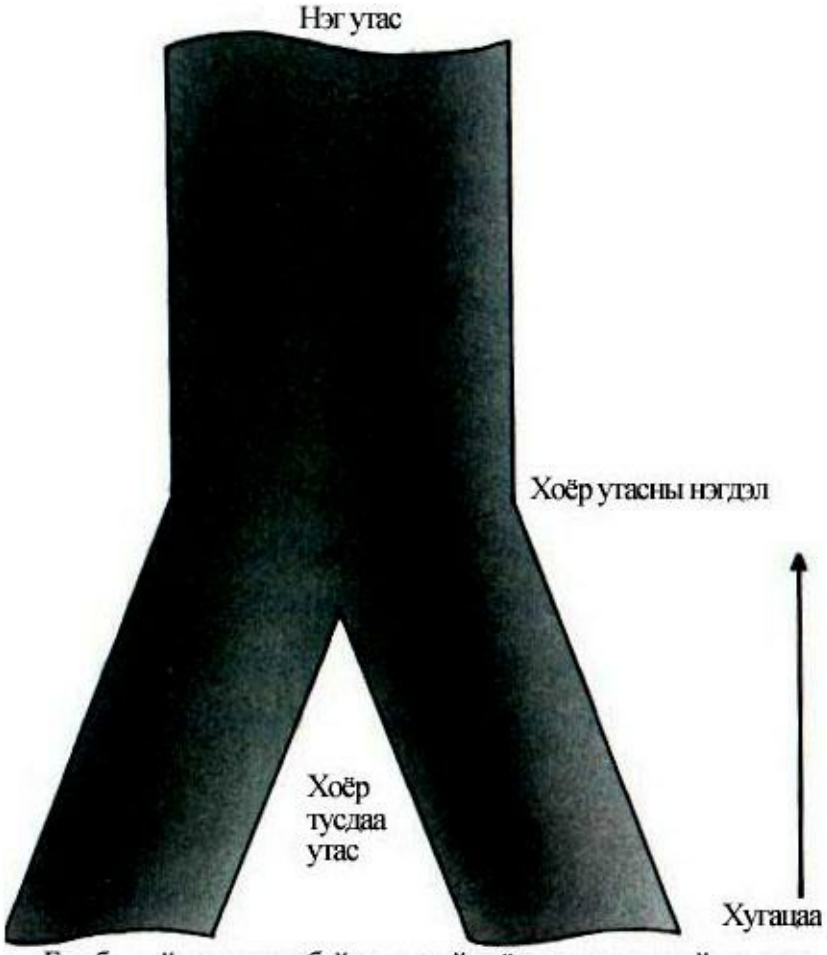
Өнөөдөр бид орчлон ертөнцийн тухай нилээд их зүйлийг мэдэж байгаа учраас ийм онолыг бүтээх итгэл маш их өссөн гэдгийг би үзүүлнэ. Гэхдээ хэтэрхий их итгэх хэрэггүй юм. Хоосон амлалтанд бид удаа дараа хууртаж байсан! Жишээ нь, тасралтгүй бодисыг тодорхойлдог уян хатан шинж, дулаан дамжуулах шинж гэх мэт шинжүүдээр дамжуулж бүхнийг тайлбарлаж болно гэж энэ зууны эхэнд үзэж байлаа. Атомын бүтэц, тодорхойгүйн зарчмыг нээсэн нь ийм хандлагыг эгнэгт үгүй болгов. Дараахан нь бас, 1928 онд: Нобелийн шагналт, физикч Макс Борн Гёттингений их сургуулийн зочдын өмнө гараад "Бидний ойлгож байгаагаар физик хагас жилийн дараа төгсөнө" гэж хэлсэн юм. Тэрээр Диракийн нээгээд удаагүй байсан электроны томъёонд үндэслэн тийн итгэлтэй байжээ. Ийм томъёо тэр үед мэдэгдэж байсан хоёр бөөмийн нэг болох протоны хувьд ч байх ёстой бөгөөд ийн онолын физик өндөрлөнө гэж бүгд бодсон аж. Гэвч нейтрон болон цөмийн хүчийг нээсэн нь энэхүү таамаглалыг ч төөрөлдүүлж орхилоо. Гэлээ ч гэсэн байгалийн эцсийн хуулиудыг хайх ажил маань төгсгөлдөө ойртсон байхаа гэсэн аядуу өөдрөг үзэлд өнөөдөр үндэслэл байгаа гэдэгт би итгэдэг. Өмнөх бүлгүүдэд таталцлын тусгай онолыг төлөөлдөг харьцангуйн ерөнхий онол болон сул, хүчтэй, цахилгаан-соронзон хүчийг тайлбарладаг тусгай онолуудын талаар өгүүлсэн билээ. Таталцлыг өөртөө багтаагаагүйгээс гадна онолын хувьд тооцоологдохгүй, сайтар тохирсон нөхцлөөс л туршилттай таарах, янз бүрийн бөөмийн харьцангуй масснууд гэх мэт хэмжигдэхүүнийг агуулдагийн улмаас бүрэн хангалттай гэж тооцогдомгүй байдаг их нэгдлийн хэмээх онолд сүүлийн гурав нь нэгтгэгдсэн байж магадгүй. Таталцлыг бусад хүчтэй нэгтгэсэн байх онолыг бий болгох үндсэн бэрхшээл харьцангуйн ерөнхий онол нь "сонгодог" онол байдагтай өөрөөр хэлбэл тэрээр квант механикийн тодорхойгүйн зарчмыг харгалздаггүйтэй холбоотой. Бусад тусгай онолууд квант механиктай чухал хэсгээрээ холбогддог. Иймд юуны өмнө харьцангуйн ерөнхий онолыг тодорхойгүйн зарчимтай нэгтгэх нь чухал. Бидний үзсэнээр тийм нэгдлийн үр дүнд хар нүх хар байхаа больж, орчлон ертөнцөөс онцгой цэгүүд алга болж, тэрээр хил хязгааргүй, бив битүү болдог гэх мэт хэд хэдэн гайхалтай үр дүн гардаг. Гэхдээ долоодугаар бүлэгт тайлбарласанаар тодорхойгүйн зарчим нь "хоосон" орон зай ч гэсэн виртуаль бөөм, эсрэг-бөөмийн хосоор дүүрдэг гэж өгүүлдэгт бэрхшээл оршино. Эдгээр хос төгсгөлгүй энергитэй байдаг болохоор Эйнштейний алдарт $E=mc^2$ томъёо ёсоор тэдний масс бас төгсгөлгүй байх ёстой. , Иймд тэдний

таталцлын үйлчлэлээр орчлон ертөнц муруйж төгсгөлгүй бага хэмжээнд хүртэл хумигдах ёстой. Иймм утгагүй төгсгөлгүй бусад тусгай онолд бас үүсдэг ч тэднийг ахин хэвийнжүүлэх (renormalization) гэдэг аргын тусламжтай арилгаж ямагт болдог. Энэ нь өмнөх төгсгөлгүйг шинэ төгсгөлгүй оруулсанаар үгүй болгох арга юм. Бүрэн бус математик үндэслэлтэй ч гэлээ энэ арга амжилттай хэрэглэгддэг төдийгүй түүний тусламжтай гарган авсан тусгай онолын таамаглалууд ажиглалтын үр дүнтэй гайхалтай нарийн таардаг билээ. Гэвч төгс онол нь масс, хүчний бодит утгыг онолын үүднээс урьдчилан хэлж чаддаггүй, сорилт туршилттай тааруулах замаар бүрдүүлэх хэрэгтэй болдог учраас төгс онолыг хайх тал дээр ахин хэвийнжүүлэх арга сүрхий хүндрэлтэй учирдаг. Тодорхойгүйн зарчмыг харьцангуйн ерөнхий онолд оруулах оролдлогын үед тааруулж болох хоёрхон тоо байдаг нь таталцлын хүчний хэмжээ, сансрын тогтмол хоёр юм. Гэхдээ тэдний хувиргалтаар бүх төгсгөлгүйг арилгах боломжгүй билээ. Тэгэхдээ орон-цагийн муруйлт зэрэг зарим нэг хэмжигдэхүүнийг бүрэн төгсгөлөг гэж үзээд хэмжиж болох хэдий ч эдгээр хэмжигдэхүүн үнэхээр төгсгөлгүй хэмээн таамагладаг онолууд бас бий! Харьцангуйн ерөнхий онолыг тодорхойгүйн зарчимтай нэгтгэх үед үүсдэг энэ асуудал хэсэг хугацаанд эргэлзээтэйд тооцогдож байсан ч эцсийн эцэст түүний бодитой болох нь 1972 онд нарийвчилсан тооцоогоор батлагдсан юм. Үүнээс дөрвөн жилийн дараа "ер бусын-таталцлын" ("supergravity") онол гэж нэрлэгдсэн, боломжит шийдлүүдийн нэг нь илрэв. Энэ онолын утга нь таталцлын хүчийг зөөдөг 2 спинтэй бөөм болох гравитон нь 3/2, 1, 1/2, 0 спинтэй зарим шинэ бөөмтэй нэгддэг гэдэгт оршино. Тэгэхээр энэ бүх бөөмийг ямар нэг утгаар 0,1,2 спинтэй хүчний зөөгч-бөөмстэй 1/2,3/2 спинтэй бодисын бөөмс нэгдэх замаар бүтсэн нэг л "ер бусын-бөөм"-ийн янз бүрийн төрөл гэж үзэж болно. Тэгэхдээ1/2, 3/2 спинтэй виртуаль бөөм/эсрэг-бөөмийн хосууд сөрөг энергитэй төдийгүй 2,1,0 спин бүхий виртуаль хосуудын эерэг энергитэй тэнцэх хандлагатай байдаг аж. Үр дүнд нь олон төгсгөлгүй алга болох ч тэдний зарим хэсэг хэвээр үлдсэн байх нигуртай. Гэхдээ бүх төгсгөлгүй арилсан эсэхийг тодруулах нь хэний ч оролдож зүрхлэхгүй тийм аймшигтай, нарийн ээдрээтэй тооцоог шаарддаг. Компьютерийн тусламжтайгаар ч энэ ажил дөрвөн жилээс багагүй хугацаа шаардах ч нэг ч болов алдах магадлал маш өндөр гэдгийг тооцоо үзүүлж байгаа. Иймд хэн нэгэн бүх тооцоог дахин явуулж ижил үр дүнг гарган авсан тохиолдолд л хариултанд итгэж болно, харин үүнийг тооцох нь бэрхшээлтэй. Энэ бүх асуудал хийгээд ер бусын-таталцлын онол дахь бөөмс ажиглагдах бөөмсөөс ялгаатай байж магадгүй байсан ч гэсэн ихэнх эрдэмтэд ер бусын-таталцал физикийн нэгдлийн тухай бодлогын зөв шийдэнд хүргэнэ гэж үзэж байлаа. Таталцлыг бусад хүчтэй нэгтгэх хамгийн сайн арга нь энэ байсан бололтой. Гэвч 1984 онд эрдэмтдийн санаа бодол утасны (string theory) гэгдэх онолын тал руу хүчтэй хэлбийсэн юм. Утасны онолын үндсэн судлагдахуун нь орон зайд нэг л цэгийг эзлэн оршдог бөөмс биш, харин уртаас өөр ямарч хэмжээсгүй, төгсгөлгүй нарийхан утас шиг зүйлс байдаг. Эдгээр утасны үзүүр (задгай утаснууд гэгдэхээр) чөлөөтэй эсвэл бие биетэйгээ нийлсэн (битүү утаснууд гэгдэхээр) байж (зураг 10.1, 10.2) болно. Бөөм цаг хугацааны эгшин бүрт орон зайн нэг цэгийг эзэлдэг болохоор түүний түүхийг орон-цагт шулуунаар ("дэлхийн-шулуунаар") дүрсэлж болох юм. Харин утас нь цаг хугацааны эгшин бүрт орон зайн нэг шулууныг эзэлдэг тул түүний түүх орон-цагт дэлхийн-хуудас гэгдэх хоёр хэмжээст гадаргуугаар дүрслэгдэнэ. (Дэлхийн-хуудас дээрх аливаа цэг нэг нь цаг хугацаа, нөгөө нь утсан дахь цэгийн байрлалыг заах хоёр тоогоор тодорхойлогдоно.)Задгай утасны дэлхийн-хуудас бол зах нь орон-цаг дахь утасны үзүүрүүдэд харгалзах гадарга байна (зураг 10.1). Битүү утасны дэлхийн-хуудас нь цилиндр эсвэл гуурс хэлбэртэй байх бөгөөд гуурсны огтлогдсон хэсэг нь цаг хугацааны тодорхой агшин дахь утасны байрлалд харгалзах тойрог байна (зураг 10.2).



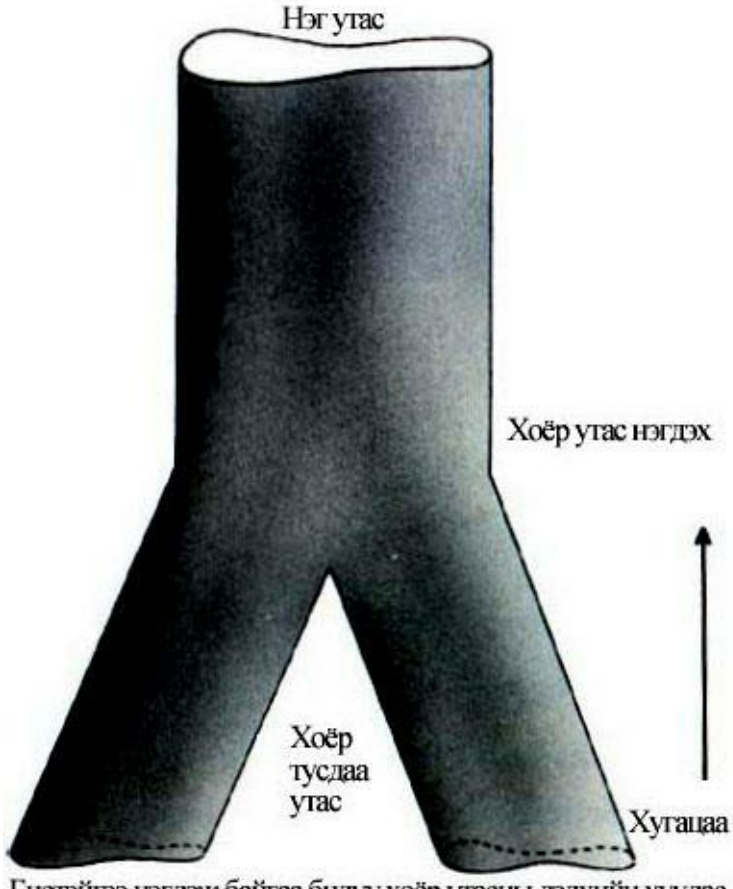
зураг 10.1,2

Хоёр хэсэг утас нэг утас болон нийлж болно. Задгай утасны тохиолдолд тэд үзүүрээрээ л нийлчихнэ (зураг 10.3), харин битүү утасны нэгдэл нь өмдний шуумагны нийлэлтийг санагдуулам (зураг 10.4) байна.



Бие биетэйгээ нэгдэж байгаа задгай хоёр утасны дэлхийн хуудас

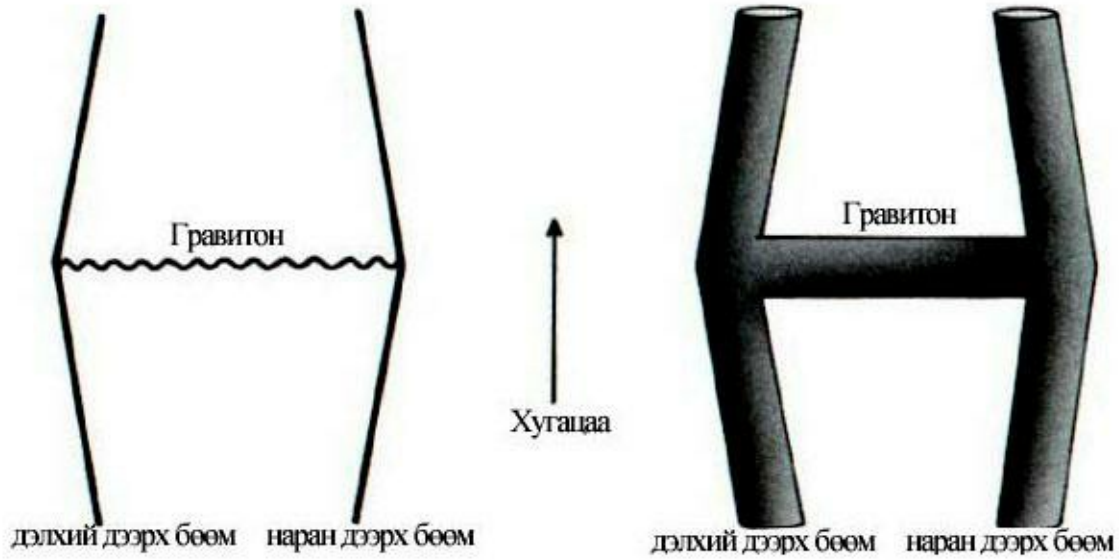
зураг 10.3



Биетэйгээ нэгдэж байгаа билүү хоёр утасны дэлхийн хуудас

зураг 10.4

Энэчлэн нэг утас хоёр утас болон салж болох юм. Өмнө нь бөөм гэж тооцогдож байсан зүйл утасны онолд олсны үзүүрээс дугтрахад чангарсан олсоор долгион гүйдэг шиг утсан дундуур гүйж байгаа долгион шигээр дүрслэгддэг. Нэг бөөм нөгөөгөө гаргах, шингээх нь утаснууд салж, нийлэхтэй тохирно. Жишээ нь, нарнаас дэлхийд үзүүлж буй таталцлын хүчийг бөөмийн онолд нарны бөөмс гравитоныг ялгаруулж. дэлхийн бөөмс түүнийг шингээсний улмаас үүсдэг мэтээр дүрсэлдэг (зураг 10.5). Утасны онолд энэ үйл явц гуурсны Н-хэлбэрийн нийлэлт мэтээр илэрхийлэгддэг (зураг 10.6). (Утасны онол ямар нэг утгаар ус түгээх техниктэй төстэй.) Босоо хоёр хэсэг нь нар, дэлхий хоёрын бөөмст харгалзана, харин хөндлөвч нь тэдний хооронд гүйж байгаа гравитонтой тохирно.

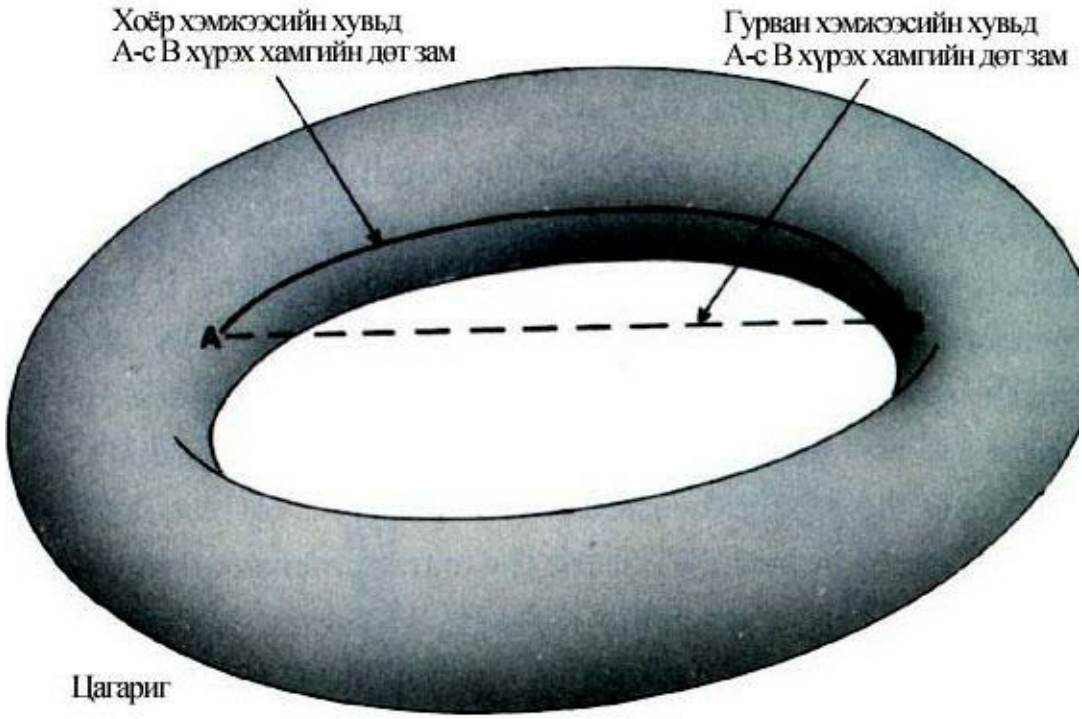


зураг 10.5,6

Утасны онол маш хачин түүхтэй. Тэр нь хүчтэй харилцан үйлчлэлийн онолыг байгуулах оролдлогын үед жараад оны төгсгөлд үүссэн юм. Протон, нейтроны төрлийн бөөмсийг утсан дундуур гүйдэг долгион мэтээр авч үзсэнд гол санаа нь оршдог. Тэгвэл бөөм хооронд үйлчлэх хүчтэй харилцан үйлчлэл аалзны тор шигээр утасны бусад хэсгийг өөр хооронд нь холбосон салаануудтай дүйнэ. Энэ онолд тооцоолсон харилцан үйлчлэлийн хүч сорилт туршилттай таарсан утгатай байхын тулд утаснууд арав орчим тонн хүчээр татагдсан сунадаг утастай адил байх ёстой байлаа. Утасны онол таталцлын хүчийг тайлбарлаж чадна, гэхдээ утас нь маш их буюу мянган саяын саяын саяын саяын саяын сая (нэгийн ард гучин есөн тэг бүхий) тонн хүчээр татагдсан үед л чадна гэдгийг үзүүлсэн бүтээлийг 1974 онд Парисын иргэн Жоэль Шерк, Калифорнийн техникийн институтын Жон Шварц хоёр нийтлүүлжээ. Утасны ийм загвар, харьцангуйн ерөнхий онол хоёрын таамаглал ердийн хэмжээнд давхцана, харин мянган саяын саяын саяын саяын саяны нэг сантиметрээс (нэг сантиметрийг ардаа гучин гурван тэгтэй нэгд хуваасанаас) ч бага маш өчүүхэн хэмжээнд ялгарч эхэлдэг. Гэхдээ энэ ажил онцгой анхаарал татаагүй ажээ. Учир нь яг тэр үед олонх хүн сорилт туршилттай маш сайн тохирч байсан кварк, глюоны онолд хандан хүчтэй харилцан үйлчлэлийн утасны анхны онолоос татгалзсан байв. Шерк эмгэнэлтэйгээр насан эцэслэж (тэрээр шижин өвчтэй байсан бөгөөд түүнд инсулины тариа хийчих нэг ч хүн байгаагүй үед ком туссан юм), Шварц утасны гэхдээ маш их хүчээр татагдсан утас бүхий онолын талын цор ганц хүн болон хоцорчээ.

1984 онд утсыг сонирхох нь хоёр шалтгааны улмаас санамсаргүйгээр сэргэсэн аж. Нэгд, ер бусын-таталцал төгсгөлөг гэдгийг эсвэл түүний тусламжтайгаар бидний ажиглаж байгаа янз бүрийн бүх бөөмийн оршихуйг тайлбарлаж болно гэдгийг үзүүлэхийг оролдоод хэн ч юуг ч олж чадаагүй. Хоёр дахь шалтгаан нь Лондонгийн Куин-Мэри-коллежийн Жон Шварц, Майк Грин хоёр бидний ажигладаг бөөмсийн заримд нь байдаг зүүн талын мушгиралттай бөөмс оршин байгааг утасны онолын тусламжтайгаар тайлбарлаж болно гэдгийг үзүүлсэн өгүүлэл хэвлүүлсэн явдал юм. Шалтгаан нь ямар ч байлаа хамаагүй удахгүй маш олон хүн утасны онол руу хандаж, үүний үр дүнд түүний шинэ нэгэн төрөл болох, ажиглагдах бөөмсийн янз бүрийн төрлийг тайлбарлах итгэл өгсөн, нэгэн төрөл бус гэгдэх утасны онол бий болов.

Утасны онолд төгсгөлгүй бас үүсдэг, гэхдээ нэгэн төрөл бус утасны аливаа онолд эдгээр төгсгөлгүй арилах (энэ нь хараахан тодорхой биш байгаа ч гэсэн) найдвар бий. Гэхдээ утасны онол бүр айхавтар хүндрэлийг агуулдаг. Тэд жирийн дөрвөн хэмжээст орон-цагт биш, харин арав эсвэл хорин зургаан хэмжээст орон-цагт л зөрчилгүй байх болтой! Илүү хэмжээс гэдэг бол шинжлэх ухааны уран сэтгэмжинд хэвийн зүйл. Тэнд тэдэнгүй болох юм үнэндээ бараг боломжгүй, яагаад гэвэл өөрөөр байсан бол харьцангуйн онол ёсоор гэрлээс хурдан явж болохгүйгээс болоод галактик, оддын хооронд аялах аялал ч сэтгэгдэхгүй удах байлаа. Шинжлэх ухааны уран зөгнөгчдийн санаа нэмэлт хэмжээсээр дамжин замыг яагаад ч юм товчилж болно гэдэгт оршдог. Энэ санааг дараах байдлаар зурган дээр тайлбарлаж болно. Бидний амьдарч буй орон зай зөвхөн хоёр хэмжээстэй байгаад цагираган боов эсвэл аврах цагирагны гадарга шиг муруйсан гэж үзье (зураг 10.7).



зураг 10.7

Хэрэв та цагирагны дотор галын аль нэг цэгдээр байж байгаад эсрэг талын цэг дээр хүрэхийг хүсвэл дотоод тойргоор нь цагирагийг тойрон явах хэрэгтэй болно. Харин та гуравдахь хэмжээст шилжиж чадсан бол шулуун яваад товчилж болох байлаа. Гэвч энэ бүх нэмэлт хэмжээс үнэхээр байдаг бол тэднийг бид яагаад анзаардаггүй юм бэ? Яагаад бид орон зайн гурав, цаг хугацааны нэг хэмжээсийг л олж хардаг вэ? Шалтгаан нь бусад хэмжээс маш бага, саяын саяын саяын саяын

саяны нэг инч хэмжээний орон зайд илэрдэг гэдэгт байх боломжтой. Тэр нь бидэнд ажиглагдахгүй байхаар тийм бага юм. Орон-цаг тун хавтгай харагдах цаг хугацааны нэг, орон зайн гурван хэмжээсийг л бид олж хардаг. Жүржийн гадаргууг харж байхад яг ийм юм тохиодог. Ойроос тэр нь муруй сарий, овон товонтой харагдана, холоос овон товон нь харагдахгүй бөгөөд жүрж гөлгөр мэт харагдана. Орон-цаг ч яг ийм, учир нь маш бага хэмжээнд тэр нь арван хэмжээстэй, маш их муруйсан байна, харин том хэмжээнд муруй хийгээд нэмэлт хэмжээс харагдахгүй. Хэрэв энэ төсөөлөл үнэн бол сансрын зорчигчдод муу мэдээ хүрэх нь. Нэмэлт хэмжээсүүд сансрын хөлгийн гарцанд хэтэрхий багадна. Гэвч өөр ноцтой асуудал ч үүслээ. Яагаад бүх хэмжээс бишь, харин зарим нь л жижигхэн бөмбөрцөгт цомтгогдох ёстой вэ? Маш эртний орчлон ертөнцийн бүх хэмжээс маш ихээр муруйсан байсан бололтой. Яагаад үлдсэн бусад нь хумигдсан хэвээр үлдсэн байхад цаг хугацааны нэг, орон зайн гурван хэмжээс тэнийсэн бэ? Боломжит хариултын нэгийг "хүмүүн" зарчим өгдөг. Орон зайн хоёр хэмжээс бид мэтийн нарийн нийлмэл амьтад хөгжихөд хангалтгүй бололтой. Жишээ нь, нэг хэмжээст дэлхий дээр амьдарч байгаа хоёр хэмжээст амьтад уулзаад зөрөхдөө бие биен дээрээ мөлхөж гарах хэрэгтэй болох нь. Хэрэв хоёр хэмжээст амьтан эцэслэн шингэхгүй зүйлээр хооллосон бол үлдэгдэл нь хоол тэжээл орж ирсэн тэр газрааараа ялгарах ёстой байлаа, учир нь бүх биеэр нь нэвт гарсан сүв байвал хоёр хэмжээст амьтан маань хоёр тусдаа хэсэгт хуваагдаж, салж унах байлаа (зураг 10.8).

зураг 10.8

Тэгэхээр хоёр хэмжээст амьтанд цусны эргэлт байна гэж үзэхэд тун хэцүү. Хүндрэлүүд орон зайн хэмжээсийн тоо гурваас илүү байхад ч үүсэх ажээ. Хоёр биеийн хоорондын таталцлын хүч зайнаас хамаарч гурван хэмжээст орон зайд байдгаас хурдан багасах болно. (Зай хоёр дахин өсөх үед гурван хэмжээст орон зайд таталцлын хүч дөрөв дахин багасдаг бол дөрвөн хэмжээст орон зайд найм дахин, тавд арван зургаа дахин гэх мэтээр багасна.) Энэ нь нарыг тойрон эргэдэг гарагуудын жишээлбэл, дэлхийн тойрог зам тогтворгүй байх байсан гэсэн үг. Тойрог замаас өчүүхэн хазайх нь (бусад гарагын таталцлаас болсон гэе) дэлхий нэг бол нарнаас холдож үгүй бол нар луу ойртон мушгирч эргэхэд хүргэнэ. Тэгэхээр бид нэг бол хөлдөж, үгүй бол шатаж үхнэ. Үнэндээ таталцлын хүч зайнаас хамаарах энэ шинж гурваас дээш хэмжээстэй орон зайд ижил байсан бол нар нь даралт, таталцал хоорондын тэнцвэр тогтсон тогтвортой төлөвт байж чадахгүй байсан. Тэрээр хэдэн хэсэг болон бутрах байсан эсвэл хар нүх болон хумигдах байв.

Аль ч тохиолдолд дэлхийн амьдралыг тэтгэх гэрэл, дулааны үүсгүүр байх ач тус нь бага болохоор юм. Бага хэмжээний тухайд бол үйлчлэлээрээ электроныг атомын дотор цөмийг тойрон эргэхэд хүргэдэг цахилгаан хүч нь таталцлын хүч шиг болох байсан. Иймд электронууд нэг бол бүгд хамтдаа атомоос салж гарах, үгүй бол мушгиран цөм дээр унана. Аль ч тохиолдолд одоогийнх шиг ийм атомууд байхгүй байх байлаа. Тэгвэл амьдрал дор хаяж бидний төсөөлдөг утгаар цаг хугацааны нэг, орон зайн гурван хэмжээс тэгтлээ их муруйгаагүй орон-цагийн мужид л байж болно гэдэг нь илэрхий байна. Энэ нь хэрэв утасны онол наад зах нь дурдан буй муж орчлон ертөнцөд орших эрх олгодогийг (тэр үнэхээр эрх олгодог байж магадгүй) үзүүлж чадвал "хүмүүн" сул зарчмын туслалцааг гуйх эрх бидэнд бий гэсэн үг. Нэг бол бүх хэмжээс маш их муруйсан, үгүй бол дөрвөөс их хэмжээс нь тэнийсэн орчлон ертөнцийн өөр муж эсвэл өөр орчлон ертөнц (энэ орчлон ертөнц ямар байх нь хамаагүй) оршин байж бүрэн болох ч хүчин төгөлдөр хэмжээсүүдийн энэхүү олон янз байдлыг харж чадахаар ухаант амьтан тэнд байхгүй ажээ.

Орон-цагийн эзэлдэг хэмжээсийн тооны тухай асуудлаас гадна физикийн эцсийн нэгдмэл онол болон зарлагдахаасаа өмнө шийдэх ёстой хэд хэдэн асуудал утасны онолд бий. Бид одоохондоо бүх төгсгөлгүй бие биенээ үгүй болгодог эсэхийг мэдэхгүй байгаагаас гадна утас дахь долгион нь бидний ажигладаг бөөмсийн тодорхой төрөлтэй хэрхэн тохирохыг тогтоож чадаагүй байна. Гэлээ ч эдгээр асуултын хариу ойрын хэдэн жилд олдож магадгүй бөгөөд зууны төгсгөлд бид утасны онол физикийн удаан хугацаагаар хүлээсэн тэр нэгдмэл онол мөн эсэхийг мэдэх болно. Гэтэл тийм нэгдмэд онол үнэхээр байдаг уу? Эсвэл бид зэрэглээний хойноос хөөцөлдөж байна уу? Гурван хувилбар байх боломжтой юм.

1. Бүрэн нэгдмэл онол үнэхээр бий, хэрэв бид хичээх юм бол хэзээ нэгэн цагт түүнийг нээнэ.

2. Орчлон ертөнцийн талаар эцсийн онол байхгүй, харин орчлон ертөнцийг улам бүр нарийн тодорхойлох онолуудын төгсгөлгүй дараалал л байна.

3. Орчлон ертөнцийн тухай онол байхгүй, зарим заагаас цааш үйл явдал таамаглагдахгүй бөгөөд дурын байдлаар, санамсаргүйгээр өрнөнө.

Хуулиудын бүрэн тогтолцоо байсан бол энэ нь Бурхан санаагаа өөрчилж, манай ертөнцөд оролцох эрхийг нь хязгаарлах байсан гэсэн үндсэн дээрээс зарим хүн гуравдахь хувилбарыг санал болгож болох юм. Энэ нь Бурхан өөрөө ч өргөж дийлэхгүй чулууг бүтээх бол уу гэсэн хуучны нэгэн парадокстой нилээд төстэй. Гэхдээ Бурхан бодлоо өөрчилж болно гэдэг санаа бол Бурхан цаг хугацаанд амьдардаг амьтан гэж үзэхээс үүсдэг. Ариун Августины ч зааж байсан төөрөгдлийн жишээ юм. Учир нь цаг хугацаа бол Бурханы бүтээсэн орчлон ертөнцийн л шинж ажээ. Орчлон ертөнцийг бүтээж туурвихдаа Бурхан юу хийж байгаагаа мэдэж байсан нь лавтай!

Квант механик үүссэнээр үйл явдлыг туйлын нарийн урьдчилан хэлэх боломжгүй, аливаа таамаглалд тодорхойгүйн хувь заавал байна гэж ойлгоход хүрсэн юм. Тааллаараа энэ тодорхойгүйг Бурханы оролцоо гэж тооцож болох ч тэр нь ямар нэг зорилго чиглэлтэй атлаа оролцооны ямарч илрэл үгүй маш хачин шинжийн оролцоо байх байв. Зорилго чиглэл бүхий оролцоо ойлголтынхоо хувиар санамсаргүй биш нь мэдээж. Тодорхойгүйн зарчмын тогтоосон хязгаарлалтын дотор үйл явдлыг урьдчилан хэлэх боломж олгодог хуулиудын тогтолцоог олох нь бидний зорилго юм хэмээн шинжлэх ухааны зорилтыг шинээр тодорхойлохдоо энэхүү гуравдахь хувилбарыг бүрмөсөн хассан билээ.

Улам нарийн тодорхой онолуудын төгсгөлгүй дараалал оршин байхтай холбоотой хоёрдахь бололцоо одоохондоо бидний туршлагатай бүхэлдээ таардаг. Ихэнх тохиолдолд бид оршин байгаа онолын хараахан таамаглаж байгаагүй шинэ үзэгдлийг нээхийн тулд л багаж төхөөрөмжийн мэдрэх чадлыг нэмэгдүүлж эсвэл шинэ төрлийн сорил туршилт явуулж байсан бөгөөд тэдгээртээ тохируулж шинэ, илүү нарийн нийлмэл онолыг бүтээхэд хүрч байлаа. Иймд цахилгаан-сул нэгдлийн энергийн утга болох 100 орчим ГэВ-иас мянган саяын сая орчим гигаэлектронвольттой тэнцүү их нэгдлийн энерги хүртэлх зайд үнэхээрийн шинэ ямарч үзэгдэл байх ёсгүй тухай, их нэгдлийн орчин үеийн онолын хүрээнд дэвшүүлсэн таамаглал үнэн биш байхад онцын гайхах зүйл гарахгүй. Үнэндээ бидний одоо "эгэл" гэж тооцож байгаа кварк, электроноос ч эгэл, бүтцийн ямар нэг шинэ давхрага нээгдэнэ гэж найдаж болно.

Гэхдээ "бие биедээ багтсан авдарнуудын" энэхүү дарааллыг таталцал хязгаарлах бололтой. Планкийн гэгдэх арван саяын саяын сая (нэгийн ард арван есөн тэг бүхий) гигаэлектронвольтоос давсан энергитэй бөөм байсан бол түүний масс бөөм жижигхэн хар нүх үүсгэн орчлон ертөнцөөс шахагдан гарахаар тийм ихээр агшсан байх байсан. Иймд улам нарийн тодорхой онолын дараалал улам өндөр энергид шилжих үед хязгаартай болох тул ямар нэг энергийн үед орчлон ертөнцийн тухай эцсийн онол байх ёстой. Планкийн энерги лабораторийн нөхцөлд өнөөдөр хүрч чадах хамгийн дээд утга буюу зуун гигаэлектронвольт орчим энергиэс маш хол байгаа нь мэдээж. Хурдасгуурын тусламжтай энэ ангал дээгүүр ойрын ирээдүйд гүүр тавьж чадахгүй! Гэхдээ ийм өндөр энерги маш эртний орчлон ертөнцөд байсан юм. Эртний орчлон ертөнцийг судлах, математик тохироог шаардах хоёр нь бүрэн нэгдмэл онолыг бүтээхэд хүргэнэ гэж, энэ нь одоо амьд сэрүүн байгаа бидний хэн нэгний сэрүүн тунгалаг ахуйд, мэдээж хэрэг бид өөрсдийгөө түүнээс өмнө дэлбэлчихгүй бол тохионо гэж би боддог.

Хэрэв бид орчлон ертөнцийн тухай эцсийн онолыг үнэхээр нээж чадвал энэ нь юуг илэрхийлэх бол? Нэгдүгээр бүлэгт ярьсанаар бол бид ямарч онолыг нотлож чадахгүй болохоор олдсон онол үнэн гэдэгт иттэлтэй байж хэзээ ч чадахгүй. Гэхдээ хэрэв нээсэн онол маань математикийн хувьд зөрчилгүй, таамаглал нь сорилт туршилттай үргэлж таарч байвал бид түүний зөв байх шинжид эргэлзэхгүй байж болно. Үүгээр орчлон ертөнцийг танин мэдэхийн төлөөх хүн төрөлхтний оюуны тэмцлийн түүхэн дэх уртаас урт, гайхалтай бүлэг өндөрлөх юм. Түүнээс гадна тийм онолын нээлт орчлон ертөнцийг залж жолооддог хуулиудын талаарх жирийн хүмүүсийн төсөөлөлд хувьсгал хийнэ. Ньютоны үед боловсролтой хүн дор хаяж ерөнхий байдлаар хүн төрөлхтний мэдэлд байсан мэдлэгийн бүх талбарыг хамарч чадаж байлаа. Гэвч түүнээс хойш шинжлэх ухааны хөгжил иймэрхүү хамралт боломжгүй болсон тийм хэмнэлээр өрнөж байна. Онол туршилтын үр дүнтэй зохицон хэлбэрээ тасралтгүй өөрчилж байгаа ч тэднийг жирийн хүмүүст ойлгомжтойгоор боловсруулж, хялбаршуулах ажил хийгдэхгүй байгаа билээ. Та өөрөө мэрэгших ёстой, мэрэгшлээ ч гэсэн шинжлэх ухааны онолуудын багахан хэсгийг л ойлгох болно гэдэгт итгэлтэй байж болно. Түүнээс гадна энэ хөгжил дунд болон их сургуульд заасан бүхэн ямагт багагүй хоцрохоор тийм хурдан явагдаж байгаа билээ. Зөвхөн зарим нэг нь л хурдан өсөн нэмэгдэж байгаа мэдээллийн хурдтай хөл нийлэн урагшилж байна. Тэд үүнд бүх цагаа зориулах хэрэгтэй болсон бөгөөд маш явцуу хүрээнд мэрэгшиж байгаа юм. Үлдсэн нь шинжлэх ухаан юунд хүрчихсэн, үүнийг эрдэмтэд хэрхэн үзэж байгаа талаар бага мэддэг. Хэрэв Эддингтонд итгэбэл далан жилийн өмнө зөвхөн хоёрхон хүн л харьцангуйн ерөнхий онолыг ойлгож байжээ. Одоо түүнийг их сургуулийн олон мянган элсэгчид мэддэг, харин олон сая хүн наанадаж түүний үндэс болсон санаатай танилцсан байгаа. Хэрэв бүрэн нэгдмэл онол нээгдвэл түүний системчлэл, хялбаршуулалт, дараагаар нь наанадаж ерөнхий байдлаар сургуулиудад заах асуудал зүгээр л цаг хугацааны асуудал байх болно. Тэр үед орчлон ертөнцийг залж жолооддог,

бидний оршин байхуйтай тохирдог хуулиудын талаар нилээн төсөөллийг бүгд авч чадна.

Бүрэн нэгдмэл онолыг нээж чадлаа гэхэд энэ нь бид үйл явдлыг урьдчилан таамаглаж чадна гэсэн үг хараахан биш. Үүнд хоёр шалтгаан байна. Нэгд, таамаглах бололцоо маань квант механикийн тодорхойгүйн зарчмаар хязгаарлагдана, хоёрд таамаглах тал дээр бид юу ч хийж чадахгүй. Амьдрал дээр хоёрдахь хязгаарлалт эхнийхээс хүчтэй нь үнэн. Хоёрдахь хязгаарлалт хэрэв маш энгийн тохиолдлуудыг үл тооцвол бид онолыг тайлбарладаг тэгшитгэлүүдийн нарийн тодорхой шийдийг олж чадахгүйтэй холбоотой. (Бид таталцлын тухай Ньютоны онол дахь гурван биеийн хөдөлгөөний тэгшитгэлийг ч нарийн бодож чадахгүй болохоор биеийн тоо нэмэгдэх, онол ээдрээтэй болоход хүндрэлүүд бүр ч нэмэгдэнэ.) Тун онцгойгоос бусад бүх нөхцөлд бодисын үйлдлийг жолооддог хуулиудыг бид мэддэг болсон. Тухайлбал хими, биологийн үндэс болдог хамгийн чухал хуулиудыг бид мэддэг билээ. Гэлээ ч эдгээр шинжлэх ухааныг шийдэгдсэн асуудлын тоонд оруулахгүй нь мэдээж. Математик тэгшитгэлийн үндсэн дээр хүний үйлдлийг таамаглаж хэлэх тал дээр бараг ямарч амжилт бид одоохондоо олоогүй байна! Ингэхлээр үндсэн гол хуулиудын бүрэн системийг олсон ч бодит нарийн ээдрээтэй нөхцлүүд дэх бололцоот үр дүнг амжилттай таамаглахад тус болох шинэ сайн аргуудыг боловсруулах зорилт олон жилийн турш оюун ухааны маань дуудлага байх болно. Бүрэн, зөрчилгүй нэгдмэл онол бол зөвхөн анхны алхам бөгөөд бидний зорилго бол эргэн тойрондоо болж байгаа бүхнийг, өөрсдийнхөө оршин байгааг бүрэн ойлгох явдал юм.

Арван нэгдүгээр бүлэг

Дүгнэлт

Бид төөрчихсөн нэгэн ертөнцөд амьдарч байна. Эргэн тойрондоо харж байгаа зүйлсээ ойлгохыг хүсэхдээ бид орчлон ертөнцийн мөн чанар юу вэ? түүний аль хэсэгт бид оршиж байна, тэр хаанаас, бид хаанаас үүссэн бэ? яагаад бүх юм энэ байгаараа байна вэ? хэмээн асуудаг.

Эдгээр асуултанд хариу болгож "ертөнцийн тухай ямар нэг дүр зургийг" бид бүтээдэг. Тэрхүү дүр зураг нь хавтгай дэлхийг өөр дээрээ тээсэн яст мэлхийн цамхаг ч эсвэл утасны онол ч байж болно. Хоёулаа л орчлон ертөнцийн тухай онол. Гэхдээ хоёрдахь нь эхнийхээсээ илүү математик шинжтэй, нарийн тодорхой байдаг. Эдгээр онолын аль нь ч ажиглалтаар батлагдаагүй бөгөөд дэлхийг маань нуруун дээрээ тээсэн аварга том яст мэлхийг хэн ч, хэзээ ч олж хараагүй боловч ер бусын утсыг ч хэн ч, хэзээ ч хараагүй бус уу. Гэлээ ч яст мэлхийн загвар хүмүүс ертөнцийн хөвөө хязгаарыг даван ойчих боломжийг урьдчилан хэлдэг учраас шинжлэх ухааны сайн онол байж чадахгүй юм. Бермудын Гурвалжинд орсон хүмүүс алга болдогийг үүгээр тайлбарлахгүй юм бол ийм боломж туршилтаар батлагдаагүй байгаа!

Орчлон ертөнцийг тайлбарлах хамгийн анхны оролдлогууд байгалийн үзэгдэл, үйл явдлыг яг хүнтэй адил, урьдчилан таамаглагдахгүй байдлаар үйлддэг, хүн шиг сэтгэл хөдлөлтэй эзэн савдагууд удирддаг гэсэн төсөөлөл дээр үндэслэж байлаа. Тэдгээр эзэн савдаг нь уул, ус мэт байгалийн юмс үзэгдлийн төдийгүй нар, сар мэт тэнгэрийн эрхэсийн эзэн байдаг аж. Хөрсний шим, жилийн дөрвөн улирлын солигдолтыг хангахын тулд тэднийг аргадаж, тэдэнд талархах ёстой. Гэвч яваандаа хүмүүс тодорхой зүй тогтлуудыг ажиглан мэдэх учиртай байжээ. Нарны бурханд өргөл өргөж байна уу, үгүй юу гэдгээс үл хамааран нар ямагт дорноос мандан өрнө зүг шингэж байв. Хойчийг нь маш тодорхойгоор урьдчилан хэлж болох тун тодорхой замаар нар, сар, гарагууд огторгуйд аялан байлаа. Жошвагийн төлөө нар зогссон гэх мэтийн үлгэр домгийг үл хэрэгслээ ч нар, сар хоёр нь эзэн савдагтай хэвээр үлдэж болно, гэхдээ тэр эзэн савдагууд хатуу чанд хуулинд ямарч гажилтгүйгээр илт захирагдаж байжээ.

Зүй тогтол, хуулиудыг эхэндээ зөвхөн одон орон болон бусад хэдхэн тохиолдолд илрүүлж байж. Гэхдээ соёл иргэншил хөгжихийн хэрээр ялангуяа сүүлийн гурван зуун жилийн дотор шинэ, шинэ зүй тогтол хуулиудыг нээсэн юм. Эдгээр хуулийг амжилттай хэрэглэсэн нь XIX зууны эхэнд Лаплас шинжлэх ухааны детерминизмыг дэвшүүлэхэд өөрөөр хэлбэл орчлон ертөнц яаж өөрчлөгдөхийг цаг хугацааны аль нэг агшин дахь төлөвөөр нь нарийн тодорхойлох хуулиудын систем байх ёстой гэсэн саналыг дэвшүүлэхэд хүргэсэн билээ.

Детерминизмийн тухай Лапласын санаа хоёр шалтгааны улмаас бүрэн биш байлаа. Түүнд хуулиудыг хэрхэн сонгох талаар юу ч өгүүлээгүйгээс гадна орчлон ертөнцийн анхны төлөв ямар байхыг огтхон ч дурдаагүй юм. Аль алийг нь Бурхан шийдэх эрхтэй болдог. Орчлон ертөнцийн эхлэл ямар байхыг, тэрээр ямар хуульд захирагдахыг Бурхан шийдсэн байж болох ч орчлон ертөнц үүсэхтэй зэрэг түүний оролцоо зогссон ажээ. XIX зууны шинжлэх ухаанд ойлгомжгүй байсан тэр талбарууд үнэндээ Бурханы мэдэлд үлдсэн байна.

Өнөөдөр бид детерминизмийн тухай Лапласын мөрөөдөл дор хаяж түүний ойлгосон утгаар биелэхгүй гэдгийг мэддэг боллоо. Квант механикийн тодорхойгуйн зарчмаар хэмжигдэхүүний зарим хосыг жишээ нь бөөмийн байрлал, хурд хоёрыг нэгэн зэрэг туйлын нарийн урьдчилан хэлэх боломжгүй.

Энэ нөхцөл байдлыг квант механик нь бөөмсийг тун тодорхой байрлал, хурдгүй, гэхдээ долгион байдлаар төсөөлөх квантын онолын бүхэл бүтэн ангиар дамжуулан авч үздэг. Долгион яваандаа өөрчлөгдөх хуулийг заадаг гэдэг утгаараа квантын онолууд детерминист юм. Иймд цаг хугацааны нэг агшин дахь долгионы шинжүүдийг мэдвэл цаг хугацааны дурын өөр агшинд тэд ямар байхыг бид тооцож чадна. Үл таамаглагдахуйн болон санамсаргүйн элемент хоёр нь бөөмсийн байрлал, хурдны тухай төсөөлөлөөр долгионыг тайлбарлах гэж оролдоход л үүсдэг. Гэхдээ бөөмсийн байрлал ч, хурд ч байдаггүй, харин гагцхүү долгионууд л оршин байдаг байж магадгүй учраас бид үүн дээр л алдаж байж болох. Алдаа чухамдаа бид долгионы тухай ойлголтыг байрлал, хурдны тухай, үл тохирох байдал үүсгэдэг, үл таамаглагдах шинжийн шалтгаан болдог бүүр түүрхэн төсөөлөлдөө хүчээр тааруулахыг оролддогт байна.

Иймм шалтгааны улмаас шинжлэх ухааны зорилтыг тодорхойгүйн зарчмын зөвшөөрдөг хязгаарлалтын хүрээнд үйл явдлыг урьдчилан хэлж чадах хуулиудыг олох явдал хэмээн өөрчлөн томъёолсон юм. Гэвч, орчлон ертөнцийн анхны төлөв, хуулиудын цуглуулга яаж, яах гэж бүрэлдсэн бэ? гэсэн асуултууд хариултгүй хэвээр үлджээ.

Оршин байгаа дөрвөн төрөл хүчнээс хамгийн сул нь хэдий ч чухам таталцлын үйлчлэлээр орчлон ертөнцийн том-хэмжээний бүтэц бүрэлдсэн тул энэ номонд би таталцалыг захирдаг хуулиудыг онцлон авч үзлээ. Таталцлын хуулиуд нь орчлон ертөнц цаг хугацаанд өөрчлөгддөггүй гэж саяханыг хүртэл баримтлаж байсан үзэлтэй таардаггүй юм. Учир нь таталцлын хүчнүүд үргэлж татах хүч байдаг гэдгээс орчлон ертөнц нэг бол тэлнэ, үгүй бол хумигдана гэдэг нь мөрдөн гардаг билээ. Харьцангуйн ерөнхий онолоор өнгөрсөн үед төгсгөлгүй нягттай төлөв, цаг хугацааг тоолох эхлэл болсон их тэсрэлт байх ёстой. Иймд хэрэв бүх орчлон ертөнц эргэн хумигдах бол ирээдүйд төгсгөлгүй нягттай бас нэг төлөв, цаг хугацааны урсгалын төгсгөл болох их хаагдалт байх ёстой. Орчлон ертөнц эргэн хумигдахгүй байсан ч хумилтын үр дүнд хар нүхнүүдийг үүсгэдэг тус тусдаа бүх мужид онцгой цэгүүд мөн л үүснэ. Эдгээр онцгой цэг нь хар нүхэнд унах хэн бүхний хувьд цаг хугацааны төгсгөл болно. Их тэсрэлт болон бусад онцгой цэгт бүх хууль алдагдах болохоор онцгой цэг дээр юу болох, орчлон ертөнцийн эхлэл ямар байхыг сонгох бүрэн эрх Бурханы мэдэлд хадгалагдан үлдэнэ.

Квант механикийг харьцангуйн ерөнхий онолтой нэгтгэх үед магадгүй өнөө болтол нээгдээгүй байсан шинэ боломж илэрдэг. Орон зай, цаг хугацаа хоёр хамтдаа онцгой цэг, хил хязгаар үгүй дэлхийн гадаргыг санагдуулам, тэгэхдээ арай олон хэмжээстэй, дөрвөн хэмжээст төгсгөлөг орон зайг үүсгэнэ. Иймм хандлага орчлон ертөнцийн ажиглагдах олон шинжийг жишээлбэл, том-хэмжээн дэх нэгэн ижил байдлыг нь, мөн түүнчлэн бага-хэмжээн дэх галактик, одод, тэр бүү хэл хүн төрөлхтөн гэх мэт ялгааг нь тайлбарлаж чадах бололтой. Энэ хандлагын ачаар бидэнд ажиглагдах цаг хугацааны чигүүд оршин байгааг ч тайлбарлаж болохоор байна. Гэхдээ орчлон ертөнц бив битүү, онцгой цэг ч үгүй, хил хязгаар ч үгүй бол эндээс Бүтээгч хэмээгдэгч Бурханы үүргийн тухай тун ноцтой дүгнэлт урган гарна. "Орчлон ертөнцийг бүтээж байхдаа Бурхан хичнээн сонголттой байсан бол?" гэсэн асуултыг Эйнштейн нэгэнтээ тавьсан юм. Хэрэв хил хязгаар байхгүй гэдэг таамаглал үнэн бол Бурханд анхны нөхцлийг сонгох ямарч эрх байгаагүй. Орчлон ертөнцийг захирдаг хуулиудыг сонгох эрх л түүнд үлдсэн байх. Гэхдээ тэдгээр нь тийм олон байгаагүй, зөвхөн нэг эсвэл хэдхэн бүрэн нэгдмэл онол жишээ нь, орчлон ертөнцийн хуулийг судалж, Бурханы мөн чанарын тухай асуудлыг тавьж чадах хүн төрөлхтөн мэтийн нарийн нийлмэл бүтэц оршин байх боломжийг олгох, зөрчилгүй, нэгэн төрөл бус утасны онол оршин байх боломжтой. Зөвхөн нэг нэгдмэл онол боломжтой байсан ч энэ нь дүрэм, тэгшитгэлийн цуглуулга байна. Гэхдээ юу эдгээр тэгшитгэлийг амьдруулж, тэднээр

тодорхойлогдох орчлон ертөнцийг юу бий болгов? Шинжлэх ухааны жирийн зам болох математик загварыг байгуулах нь тухайн загвараар тайлбарлаж болох орчлон ертөнц яагаад оршин байх ёстой вэ гэдэг асуултанд хариу өгч чадахгүй. Яагаад орчлон ертөнц оршин байхуйн бүх оролдлогыг хийдэг вэ? Нэгдмэл онол өөрөө өөрийнхөө шалтгаан байхаар тийм хүч чадалтай гэж үү? Эсвэл түүнд Бүтээгч хэрэгтэй юу?, хэрэв хэрэгтэй бол тэрээр орчлон ертөнцөд ямар нэг өөр нөлөө үзүүлэх үү? Гэтэл түүнийг бүтээгч нь хэн бэ? Одоогоор ихэнх эрдэмтэд орчлон ертөнц гэж юу вэ гэдгийг тайлбарлах шинэ онолуудыг боловсруулахад ихээхэн хүч чармайлт гаргаж байгаа учраас өөрсдөөсөө орчлон ертөнц яагаад оршин буйг асуух завгүй байна. Яагаад гэсэн асуулт тавих ажилтай философичид ч шинжлэх ухааны онолын хөгжлийг гүйцэж чадахгүй байна. XVIII зуунд философичид шинжлэх ухааныг оролцуулаад хүний мэдлэгийн бүх хүрээг үйл ажиллагааныхаа талбар хэмээн үзэж, орчлон ертөнцөд эхлэл байсан уу? гэх маягийн асуудлуудыг хэлэлцэж байсан юм. Гэвч XIX, XX зуунд шинжлэх ухааны тооцоо, математик аппарат философчдод, ер нь мэрэгжлийн бус хэн бүхэнд хэтэрхий төвөгтэй болов. Философичид үйл ажиллагааныхаа хүрээг улам явцуурууллахад хүрч, энэ талаар манай зууны хамгийн алдартай философич Витгенштейн "Философид одоогоор үлдсэн цор ганц зүйл нь хэлний задлан шинжилгээ" хэмээн хэлжээ. Аристотелиос Кант хүртэл агуу их уламжлалтай философийн хувьд энэ нь юутай гутамшиг!

Гэхдээ хэрэв бүрэн онолыг үнэхээр нээвэл яваандаа түүний үндсэн зарчмууд зөвхөн хэдхэн мэрэгжилтэнд төдийгүй хүн бүрт ойлгомжтой болно. Тэгвэл бид бүгдээрээ, философичид, эрдэмтэд, жирийн эгэл хүмүүс хүртэл яагаад бид оршиж байна, яагаад орчлон ертөнц оршин байна вэ гэсэн асуудлыг хэлэлцэж чадна. Эдгээр асуултын хариуг олбол энэ нь хүний оюун ухааны жинхэнэ ялгуусан ялалт болно. Учир нь тэр үед бид Бурханы санааг ойлгох биз ээ.

Альберт Эйнштейн

Цөмийн зэвсэг дээр үндэслэсэн улстөрийн бодлоготой холбоотой байснаараа Эйнштейн алдартай. Нөхцөл байдлыг буурьтай авч үзэхийг Нэгдсэн Улсад ухуулан сурталчилж Ерөнхийлөгч Рузвельтэд бичсэн алдарт захианд тэрээр гарын үсэг зурж, дайны дараа цөмийн дайныг арилгахын төлөө хүчин зүтгэл гаргаж байв. Энэ бүхэн нь улстөрийн амьдралд татагдан орсон эрдэмтний үйл ажиллагааны салшгүй нэгэн хэсэг байсан юм. Эйнштейний амьдрал түүний өөрийнх хэлсэнээр "улс төрийн бодлого, тэгшитгэл хоёрын хооронд хуваагдсан" байлаа.

Улс төрийн эхэн үеийн ажиллагаа нь түүнийг Берлинд профессор байсан, Дэлхийн Нэгдүгээр Дайны үед эхэлжээ. Хүний амийг хий дэмий сүйтгэж байгаад дургүйцэхдээ тэрээр дайны эсрэг жагсаалд хүртэл нийлэв. Цэргийн албанаас татгалзсан хүмүүсийг олны зүгээс сайшаах, дайныг үл дагах эрхийг хамгаалж хэлсэн үг нь түүнд алдар нэр авчирсангүй. Дайны дараа Эйнштейн хүчин чармайлтаа талууд эвсэх, олон улсын харилцааг сайжруулах асуудал руу хандуулсан байна. Иймэрхүү үйл ажиллагаа Эйнштейний нэр алдарт бас тус болоогүй бөгөөд хэсэг хугацааны дараа Нэгдсэн улсад зочилж, лекц уншихад нь ч хэцүү болжээ. Эйнштейний амьдралын өөр нэг чухал үйл хэрэг нь сионизм байлаа. Гарлынхаа хувьд еврей байсан ч Эйнштейн Бурханы тухай библийн санааг үгүйсгэсэн юм. Гэхдээ Дэлхийн нэгдүгээр дайны өмнө нь ч, дараа нь ч Семитизмийн эсрэг өсөн нэмэгдэж байсан түрэлтийн улмаас Эйнштейн өөрийгөө еврейн нийтлэгтэй ижилсүүлэхэд хүрч, сионизмын талыг бүрэн баримтлагч болон хувирсан билээ. Нэр хүнд нь хэд хэдэн удаа унасан ч Эйнштейн үзэл бодлоо чөлөөтэй илэрхийлсээр байлаа. Түүний онолыг дайрч давшилж эхэлсэн төдийгүй Эйнштейний эсрэг байгууллага ч бий болов. Нэг хүн Эйнштейнийг хүн амины хэрэгт гүтгэж, шүүхэд өгч байсан (бөгөөд зургаан доллараар торгуулж байжээ).

"Эйнштейний эсрэг зуун зохиогч" гэсэн ном хэвлэгдэн гарахад ч Эйнштейн тайван байж "хэрвээ миний буруу байсан бол нэг л байхад хангалттай" гэж хэлж байлаа.

1933 онд Гитлер засгийн эрхэнд гарав. Энэ үед Америкт байсан Эйнштейн Германд эргэж очихгүй гэдгээ зарласан юм. Нацистын цэргүүд гэрийг нь бүсэлж, банкин дахь дансыг нь улсын болгох тэр үед берлины нэгэн сонин тэргүүн нүүрээ "Сайхан мэдээ-Эйнштейн эргэж ирэхгүй нь" гэж гарчигласан байлаа. Нацистын аюул заналтай учирсан Эйнштейн ямарч дайныг эсэргүүцэх үзлээсээ хөндийрсөн төдийгүй атомын бөмбөгийг Германы эрдэмтэд бүтээчих вий гэдгээс эмээж, Нэгдсэн Улсад өөрийн гэсэн бөмбөг боловсруулахыг санал болгожээ. Гэхдээ атомын анхны бөмбөг тэсрэхээс бүр өмнө тэрээр цөмийн дайны аюул заналыг олонд сэрэмжлүүлж, цөмийн зэвсгийн олон улсын хяналт тогтоохыг санал болгож байсан юм. Амьдралынхаа туршид гаргасан, энхтайвныг тогтоох гэсэн чармайлт нь төдий л үр дүн өгөөгүй бөгөөд бүх тохиолдолд түүнд нэр алдар авчирч байгаагүй болтой. Гэхдээ сионизмыг хамгаалж олны өмнө үг хэлж байсан нь Израйлын ерөнхийлөгч болохыг түүнд санал болгосон 1952 онд зохих ёсоор үнэлэгдсэн ажээ. Улстөрд өөрийгөө хэтэрхий балчирдана гэж боддогоо хэлээд энэ саналаас татгалзсан байдаг. Гэвч цаад шалтгаан нь өөр байсан болтой, түүнээс ахин эш татъя: "Миний хувьд хамгийн чухал нь тэгшитгэл, яагаад гэвэл улстөрийн бодлого одоо л хэрэгтэй, харин тэгшитгэл бол мөнхийн юм".

Галилео Галилей

Орчин үеийн шинжлэх ухаан үүсэхэд Галилей өөр хэн нэгэн хүнээс илүү үүрэгтэй байсан байж магадгүй. Католик Сүмийнхэнтэй хийсэн алдарт маргаан нь Галилейн философид гол байр эзэлдэг юм, учир нь тэрээр ертөнц хэрхэн тогтсоныг ойлгох найдвар хүмүүст байгаагаас гадна үүнийг бодит ертөнцөө ажиглан хэрэгжүүлж болно гэдгийг зарласан анхны хүмүүсийн нэг байлаа. Галилей бүр анхнаасаа Коперникийн (гарагууд нарыг тойрон эргэдэг тухай) онолд итгэж байсан авч баталгааг нь олсон үедээ л түүнийг ил цагаан баримтлах болсон байна. Коперникийн онолд зориулсан ажлуудаа Галилей (хүлээн зөвшөөрөгдсөн академик латин хэлээр биш) итали хэлээр бичсэн ч удалгүй түүний үзэл баримтлал хилийн чинад дахь их сургуулиудад түгэн дэлгэрсэн ажээ. Энэ нь Аристотелийн сургаалыг баримтлаж, Галилейн эсрэг нэгдсэн хүмүүст таалагдаагүй юм. Тэд Коперникийн сургаалыг хориглуулахын тулд Католик Сүмийнхийг бүх аргаараа ятгаж байлаа. Үүнд сэтгэл нь дэнсэлсэн Галилей сүмийн мяндагтангуудтай зөвлөлдөх гэж Ром руу морджээ. Библи бол шинжлэх ухааны онолын талаар ямар нэг зүйл хэлэхэд зориулагдаагүй бөгөөд эрүүл ухаантай зөрчилдөж байгаа тэр хэсгүүдийг нь ёгтлол гэж хүлээн авах хэрэгтэйг тэрээр санал болгосон аж. Гэтэл сүм хийдийнхэн Протестантуудтай хийх тэмцэлд нь саад болох хэрүүл шуугианаас болгоомжилж залхаах арга хэмжээ авсан байна. Коперникийн сургаал "худал, алдаатай" болохыг 1616 онд зарлаж, харин Галилейг энэ сургаалыг "баримталсан эсвэл хамгаалсан" үг хэлэхийг насан туршид нь хориглосон зарлиг гаргав. Галилей бууж өглөө.

Галилейн хуучин андын нэг нь 1623 онд Ромын Пап болсон байна. Галилей тэр даруй 1616 оны зарлигыг хүчингүй болгуулахыг оролдож эхэлжээ. Тэр нь бүтэлгүйтсэн боловч аль нэг талыг баримтлаагүй байх, мөн түүнчлэн бүхнийг чадах Бурханы чадварыг хазаарлах эрхгүй хүмүүний ухаан санаанд оромгүй элдэв аргаар ямар ч үйлийг Бурхан хийж чадах учраас ертөнц хэрхэн бүтсэнийг хүмүүс хэзээ ч ойлгохгүй хэмээн дүгнэсэн байх гэсэн хоёр болзолтойгоор Аристотелийн онолыг ч, Коперникийн онолыг ч авч үзсэн ном бичих зөвшөөрлийг авсан байна. "Дэлхийн тухай хоёр гол тогтолцооны талаарх харилцан яриа" хэмээх ном нь бэлэн болж, хяналт шалгалтын бүрэн дэмжсэнээр 1632 онд хэвлэгдсэн бөгөөд тэр даруйдаа Европ даяар уранзохиол,

философийн сод бүтээл гэж үнэлэгдсэн билээ. Гэвч энэ ном Коперникийн онолыг итгүүлэх тулгуур болон ойлгогдож байгааг Пап удалгүй ухаараад түүнийг хэвлүүлэхийг зөвшөөрсөндөө харамссан ажээ. Хяналт шалгалтын албан ёсны соёрхол байсан ч гэлээ Галилей 1616 оны зарлигийг ямартаа ч зөрчсөн хэмээн Пап зарлав. Тэрээр Галилейг католик шашны залхаан шүүх газарт хүргүүлж, насан туршдаа гэрийн хорионд байх, олны өмнө Коперникийн сургаалаас няцахаар шийтгүүлсэн юм. Галилей дахин бууж өглөө.

Галилей үнэнч католик хэвээр үлдсэн боловч шинжлэх ухааны үл хамаарах шинжид итгэх итгэлээсээ няцаагүй юм. 1642 онд насан эцэслэхээсээ дөрвөн жилийн өмнө гэрийн хорионд байхдаа тэрээр Голландын хэвлэлийн газарт хоёрдахь том бүтээлийнхээ гар бичмэлийг нууцаар дамжуулжээ. Коперникийг дэмжсэн бүтээлээс нь илүү гарсан гэж тооцогддог "Шинэ хоёр шинжлэх ухаан" хэмээх энэхүү номонд орчин үеийн физикийн үр хөврөл агуулагдаж байлаа.

Исаак Ньютон

Исаак Ньютон найрсаг хүн байгаагүй юм. Бусад эрдэмтэдтэй муухай харьцдаг байснаараа ихэд алдаршсан тэрээр амьдралынхаа сүүлийн жилүүдийг халуун маргаанд зориулсан билээ. Физикийн талаар урьд өмнө бичигдэж байсан номнуудаас хамгийн их нөлөөг үзүүлсэн "Математик зарчмууд" ном нь хэвлэгдсэний дараа Ньютоны нийгмийн нэр хүнд огцом дээшилсэн байна. Тэрээр Вангийн нийгэмлэгийн ерөнхийлөгчөөр сонгогдон, тайжийн цолоор шагнуулсан анхны эрдэмтэн болсон юм.

Удалгүй өмнө нь "Зарчмууд" номонд шаардлагатай баримт мэдээг өөрт нь нийлүүлж байсан ч түүний хүссэн мэдээллийг хожим нуун дардаг болсон Вангийн одон орон судлаач Жон Флемстидтэй тэрээр муудалцжээ. Ньютон тухайн байдлыг тэсвэрлээгүй учраас өөрөө өөрийгөө Одон Орон Судлалын Вангийн хүрээлэнгийн удирдлагад томилж, дараагаар нь мэдээллүүдээ түргэн хэвлүүлэхийг оролдож эхэлсэн байна. Улмаар Флэмстидийн ажлуудыг гартаа оруулсан агаад түүнээ хэвлүүлэх талаар Флэмстидийн заналт дайсан Эдмонд Галлтай тохиролцож чаджээ, Гэвч Флэмстид хэргийг шүүхэд шилжүүлж, шүүх хулгайлагдсан бүтээлийг нийтэд түгээхийг хориглон асуудлыг Флэмстидэд ашигтайгаар шийдэв.Энэ шийдвэр Ньютоныг ихэд хилэгнүүлж, Флэмстидээс хариугаа авахын тулд "Зарчмууд"-ын хожуу үеийн хэвлэлүүдээс Флэмстидэд хамаатай бүх эшлэлийг шат дараалан авч хаясан байна.

Бүр ноцтой хэрүүл Ньютон, Германы философич Готтфрид Лейбниц хоёрын дунд дэгдэв. Орчин үеийн физикийн ихэнх хэсгийн үндсийг бүрдүүлдэг дифференциаль тоолол хэмээх математикийн салбарыг Лейбниц, Ньютон хоёр бие биенээсээ үл хамааран боловсруулжээ. Ньютон дифференциаль тооллыг Лейбницээс өмнө нээсэн ч тэрээр ажлаа түүнээс хожуу хэвлүүлсэн байдаг. Хэн нь анхдагч бэ гэсэн шалтгаанаар агуу их хэрүүл маргаан аслаа. Эрдэмтэд хоёр сөргөлдөгчийн аль алинийг нь шаргуу хамгаалж байв. Ньютоныг хамгаалсан бүх өгүүллийг тэр өөрөө бичиж нөхдийнхөө нэрээр хэвлүүлдэг байсан нь хачирхалтай! Хэрүүл даамжирч, Лейбниц зөрчлийг шийдвэрлэхийг хүсэн Вангийн нийгэмлэгт хандаж алдаа гаргалаа. Ньютон нийгэмлэгийн ерөнхийлөгч хувьдаа бүхэлдээ өөрийнх нь нөхдөөс санамсаргүй бүрдсэн "шударга" комисст хэргийг шүүн үзэхийг даатгажээ! Гэвч ингээд зогссонгүй. Ньютон дараа нь комиссын тайланг өөрөө бичсэн ба ийм замаар Лейбницийг зохиолын хулгайд албан ёсоор буруутган, тайланг хэвлүүлэхийг нийгэмлэгт даалган үлдээсэн аж. Өөрт нь бас л хангалтгүй санагдсан учраас Ньютон Вангийн нийгэмлэгийн ээлжит тайланд нэргүй тойм бичсэн байна. "Лейбницийн зүрхийг урж" маш их ханамж авсан хэмээн Лейбницийг нас барсаны дараа Ньютон

мэдэгдсэн гэлцдэг.

Хоёр удаагийн ном хаялцаан өнгөрөөхдөө Ньютон Кембрижийг ч, тэнхимээ ч орхисон байлаа. Тэрээр эхэндээ Кембрижийн их сургуульд, дараа нь парламентад католикийн эсрэг бодлогод идэвхтэй оролцож байсан бөгөөд үүнийхээ төлөө Вангийн алтан санг хадгалагчийн орлого ихтэй албан тушаалд томилогдсон юм. Энд тэрээр хуурамч мөнгө үйлдэгчтэй тэмцэх томоохон хэмжээний кампанит ажил амжилттай явуулж, тэр бүү хэл хэд хэдэн хүнийг дүүжлүүр рүү илгээн өөрийн хорон, муу санааныхаа нийгэмч шинжийн илүү зөв хэрэглээг олсон ажээ.

Нэр томъёоны тайлбар

аннигиляци: бөөм, түүний эсрэг бөөм хоёр мөргөлдөн харилцан бие биенээ үгүй хийх үйл явц.

атом: тун өчүүхэн (протон, нейтроноос бүтсэн) цөм, түүнийг тойрон эргэх электронуудаас тогтох, жирийн бодисын үндсэн нэгж.

бичил-долгионы дэвсгэр цацраг(microwave background radiation): эртний халуун орчлон ертөнцийн (реликтор гэгдэх) гэрэлтэлтээс үүссэн цацраг. Тэр нь одоо гэрлийн төлөвтэй биш, харин бичил-долгионы байдалтай болсон тийм их улаан шилжилттэй байгаа юм.

бөөм/долгионы дуализм: бөөм долгион хооронд ялгаа байхгүй бөгөөд бөөмс заримдаа долгион шиг, харин долгионууд заримдаа бөөмс шиг байдаг гэж үздэг, квант механикийн үндэс болдог төсөөлөл.

бөөм хурдасгуур: хөдөлж байгаа цэнэгтэй бөөмсийг цахилгаан-соронзонг ашиглан энергийг нь алгуур нэмэн хурдлуулдаг төхөөрөмж.

виртуаль бөөм: квант механикт бол шууд бүртгэх боломжгүй, гэхдээ оршин байгаа нь хэмжилтэнд өртдөг нөлөөнүүдээрээ батлагддаг бөөм.

гамма (γ) цацраг: радио идэвхт задралаар юмуу эгэл бөөмсийн харилцан мөргөлдөөнөөр үүсдэг, долгионы урт нь маш бага цахилгаан-соронзон цацраг.

геодезийн: хоёр цэг хоорондын хамгийн богино (эсвэл хамгийн урт) зам.

гэрлийн конус: тухайн үйл явдлыг дамжин өнгөрсөн гэрлийн цацрагийн тархах боломжит чиглэлүүдийг заадаг орон-цаг дахь гадаргуу.

гэрлийн секунд (гэрлийн жил): нэг секундын (нэг жилийн) дотор гэрлийн туулах зай.

давтамж: долгионы хувьд энэ нь секунд дэх бүтэн мөчлөгүүдийн тоо юм.

долгионы урт: долгионы зэргэлдээ хоёр нуруу эсвэл зэргэлдээ хоёр хотгор хоорондын зай

Доплерийн эффект: долгионы давтамж нь түүний үүсгүүр, ажиглагч хөдлөх үед харилцан өөрчлөгдөх үзэгдэл.

жин: таталцлын оронгоор дамжин биетэд үйлчилдэг хүч. Биеийн жин биеийн масстайгаа пропорциональ, гэхдээ адил биш.

их нэгдлийн онол (ИНО): цахилгаан-соронзон, хүчтэй, сул харилцан үйлчлэлүүдийг нэгтгэсэн онол.

их нэгдлийн энерги: түүнээс давбал цахилгаан-соронзон, сул, хүчтэй харилцан үйлчлэлүүд таамаглалаар бол ялгаагүй болох ёстой энерги.

их тэсрэлт: орчлон ертөнцийн эхлэл дээрх онцгой цэг.

их хаагдалт: орчлон ертөнцийн төгсгөл дэх онцгой цэг.

квант: долгион ялгарч эсвэл шингэж болох хамгийн бага хувь хэсэг.

квант механик: Планкийн квант механикийн зарчим, Гейзенбергийн тодорхойгүйн зарчмын үндсэн дээр боловсрогдсон онол.

кварк: хүчтэй харилцан үйлчлэлд өртдөг (цэнэгтэй) эгэл бөөм. Протон, нейтрон тус бүр гурав гурван кваркаас тогтоно.

конфайнмент: өнгөт кварк, глюонууд нь адрон дотор барьцалдах, үл салах байдал.

координатууд: орон зай, цаг хугацаанд цэгийн байрлалыг тодорхойлдог тоонууд.

масс: биед хадгалагдах бодисын тоо. Биеийн инерцийн хэмжээ эсвэл хурдатгалыг эсэргүүцэх түвшин.

нейтрино: зөвхөн сул болон таталцлын харилдан үйлчлэлд өртдөг маш хөнгөн (массгүй байж болох) эгэл бөөм.

нейтрон: шинжээрээ протонтой маш төстэй, цэнэггүй бөөм. Нейтронууд ихэнх атомын цөмийн бүтцэд багтдаг бөөмсийн талаас илүүг нь бүрдүүлдэг.

нейтрон од: хоригийн зарчмаар түлхэлцсэн нейтронуудаас тогтсон хүйтэн од.

нүцгэн онцгой цэг: хар нүхээр хүрээлэгдээгүй орон-цагийн онцгой цэг.

онцгой цэг: орон-цагийн муруй төгсгөлгүй болдог орон-цаг дахь цэг.

онцгой цэгийн тухай теорем: тодорхой нөхцлүүдэд онцгой цэг байх ёстой, тухайлбал орчлон ертөнцийн эхлэлд онцгой цэг байх ёстой гэдгийг нотлодог теорем.

орон: цаг хугацааны нэг агшинд зөвхөн нэг цэг дээр оршдог бөөмөөс ялгаатай нь орон зай, цаг хугацаанд нилэнхүйд нь оршиж байгаа зүйл.

орон-цаг: цэг бүрт нь үйл явдал харгалздаг дөрвөн хэмжээст орон зай.

орон зайн хэмжээс: орон-цагийн орон зайн төстэй гурван хэмжээсийн аль нэг нь тодруулбал цаг хугацаанаас бусад дурын хэмжээс.

орчлон судлал: орчлон ертөнцийг бүхэл байдлаар нь судлахыг эрмэлздэг ухаан.

позитрон: электроны эсрэг (эерэг цэнэгтэй) эгэл бөөм.

протон: эерэг цэнэгтэй бөөм. Ихэнх атомын цөмийн бүтцэд ордог бүх бөөмийн бараг талыг нь протонууд бүрдүүлдэг.

пропорциональ шинж: "x нь y-тэй пропорциональ" гэдэг нь y -ийг ямар нэг тоогоор үржүүлэхэд X мөн энэ тоогоор үржигдэнэ гэдгийг заадаг. "X нь Y-тэй урвуу пропорциональ" гэдэг нь Y-ийг

ямар нэг тоогоор үржигдэх үед X яг тэр тоонд хуваагдана гэдгийг илэрхийлдэг.

радио-идэвхт шинж: нэг төрлийн атомын цөм өөр болж аяндаа хувирах байдал.

сансрын тогтмол: орон-цагийг тэлэх хандлагатай болгохын тулд Эйнштейний оруулсан математикийн туслах хэмжигдэхүүн.

сансрын шалгуур: нүцгэн онцгой цэгүүдийг зөвшөөрч болохгүй гэсэн таамаглал.

соронзон орон: соронзон хүчийг үүсгэдэг орон. Энэ бол цахилгаан оронгийн хамт цахилгаан-соронзон оронгийн салшгүй хэсэг болдог орон.

спин: тэнхлэгээ тойрон эргэхтэй нь холбоотой, эгэл бөөмийн дотоод шинж.

спектр: долгион (жишээ нь цахилгаан-соронзон долгион) давтамжийн бүрдлээрээ задрах байдал.

сул хүч: мэдэгдэж байгаа дөрвөн хүчнээс сул шинжээрээ хоёр дахь нь. Маш богино радиус бүхий үйлчлэлтэй. Сул хүч бодисын бүх бөөмд үйлчилдэг ч хүчийг зөөгч бөөмст үйлчилдэггүй.

таталцлын хүч: их радиус бүхий үйлчлэлтэй, суурь дөрвөн хүчнээс хамгийн сул нь. Таталцлын хүч бодисын бүх бөөмд үйлчилдэг.

тогтонги төлөв: цаг хугацаанд өөрчлөгддөггүй төлөв. Тогтмол хурдтай эргэж байгаа бөмбөлөг тогтонги төлөвт ордог, учир нь эргэж байлаа ч гэсэн агшин бүрт тэрээр нэгэн ижил харагдана.

улаан шилжилт: биднээс холдож байгаа одны гэрэл Доплерийн эффект ёсоор улаарах байдал.

үйл явдал: орон зай, цаг хугацаан дахь байрлалаараа тодорхойлогддог, орон-цаг дахь цэг,

үйл явдлын хаяавч: хар нүхний хил хязгаар.

үнэмлэхүй тэг температур: температурын боломжит бүх утгаас хамгийн бага нь, үнэмлэхүй тэг үед бодис нь дулааны энергигүй байдаг.

фаз: долгионы хувьд цаг хугацааны тодорхой агшинд долгионы мөчлөг дэх цэгүүдийн байрлал. Нуруу, хотгорт эсвэл аль нэг зайд нэг оршин байгаа эсэхийн хэмжүүр.

фотон: гэрлийн квант.

хар нүх: маш хүчтэй таталцлаас нь болоод юу ч, тэр бүү хэл гэрэл ч түүнээс гарч чаддаггүй орон-цагийн муж.

харьцангуйн тусгай онол: шинжлэх ухааны хуулиуд чөлөөтэй хөдөлж буй бүх ажиглагчийн хувьд тэдний хурднаас үл хамааран ижил байх ёстой гэдэгт тулгуурладаг, Эйнштейний онол.

харьцангуйн ерөнхий онол: шинжлэх ухааны хуулиуд бүх ажиглагчийн хувьд тэд хэрхэн хөдөлж байгаагаас үл хамааран ижил байх ёстой гэсэн таамаглалыг үндэс болгодог, Эйнштейний бүтээсэн онол. Харьцангуйн ерөнхий онол таталцлын хүчийг дөрвөн хэмжээст орон-цагийн

муруйлтаар тайлбарладаг.

хил хязгаар үгүйн нөхцөл: орчлон ертөнц төгсгөлөг, гэхдээ хил хязгаар (хуурмаг цаг хугацаанд) байхгүй гэдэг төсөөлөл.

хоригийн зарчим: 1/2 спинтэй ижил хоёр бөөм (тодорхойгүйн зарчмын олгодог хязгаар дотор) орон зайд ижил байрлал, ижил хурдыг нэгэн зэрэг авч чадахгүй гэдэг зарчим. Хурдатгал-ямар нэг биетийн хурдны өөрчлөгдөх хэмжээ.

хуурмаг цаг хугацаа: хуурмаг тоогоор хэмжигдэх цаг хугацаа.

"хүмүүн" зарчим: орчлон ертөнц өөр байсан бол бид түүнийг ажиглан энд байж чадахгүй байсан учраас түүнийг байгаагаар нь авч үзэх зарчим.

хүчтэй харилцан үйлчлэл: суурь дөрвөн хүчнээс хамгийнхүчтэй нь хэдий ч хамгийн богино зайд үйлчилдэг. Хүчтэй харилцан үйлчлэлийн ачаар кваркууд протон, нейтронуудын дотор баригдаж, харин протон, нейтронууд хамтдаа атомын цөмийг үүсгэдэг.

цагаан одой: хоригийн зарчмаар электронуудын хооронд түлхэлцлийн хүч үйлчилсэний ачаар тэнцвэрт төлөвт оршдог хүйтэн, тогтонги од.

цахилгаан цэнэг: бөөмийн нэг шинж, түүний ачаар бөөм ижил (эсвэл эсрэг) цэнэгтэй бусад бөөмөө түлхдэг (эсвэл татдаг).

цахилгаан-соронзон хүч: цахилгаан цэнэгтэй бөөм хооронд үүсдэг хүч. Суурь дөрвөн хүчнээс хүчтэйгээрээ хоёр дахь нь.

цахилгаан-сул нэгдлийн энерги: түүнээс давбал цахилгаан-соронзон болон сул харилцан үйлчлэлийн хооронд ялгаа үгүй болох энерги.

цөмийн нэгдэл: хоёр цөм харилцан мөргөлдөж, илүү хүнд нэг цөм болох үйл явц.

цөм: түүний доторх хүчтэй харилцан үйлчлэлд баригдсан протон, нейтронуудаас л тогтох атомын төв хэсэг.

Чандрасекарын хязгаар: хүйтэн тогтонги одны боломжит хамгийн бага масс, түүнээс давбал од хар нүх болж хумигдах ёстой.

эгэл бөөм: хуваагдахгүй гэж тооцогдох бөөм.

электрон: атомын дотор цөмийг тойрон эргэдэг сөрөг цэнэгтэй бөөм.

энерги хадгалагдах хууль: энерги (буюу массын эквивалент нь) үүсэхгүй, устахгүй гэж өгүүлдэг шинжлэх ухааны хууль.

эртний хар нүх: орчлон ертөнцийн хөгжлийн маш эртний шатанд үүссэн хар нүх.

эсрэг бөөм: бодисын бөөм тус бүрт тохирох эсрэг бөөм байдаг. Бөөм эсрэг бөөмтэйгөө мөргөлдөхдөө зөвхөн энерги үлдээж харилцан үгүй болдог.

Table of Contents

Талархал
Удиртгал
Нэгдүгээр бүлэг
Хоёрдугаар бүлэг
Гуравдугаар бүлэг
Дөрөвдүгээр бүлэг
Тавдугаар бүлэг
Зургадугаар бүлэг
Долдугаар бүлэг
Наймдугаар бүлэг
Есдүгээр бүлэг
Аравдугаар бүлэг
Арван нэгдүгээр бүлэг
Нэр томъёоны тайлбар