



МОНГОЛ УЛСЫН
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ

ОРЧЛОНГИЙН ҮҮСЭЛ

Шиний мэдээхүйн цуврал-1

Улаанбаатар хот
2015 он



МОНГОЛ УЛСЫН
ШИНЖЛЭХ УХААНЫ АКАДЕМИ

ОРЧЛОНГИЙН ҮҮСЭЛ

Танин мэдэхүйн цуврал - 1

Улаанбаатар хот
2015 он

*ЕБС-ийн сурагчид, их, дээд сургууль, коллежийн оюутнууд
болон танин мэдэхүйн хүсэл эрмэлзлэлтэй хүн бүрт зориулав.*

ОРЧЛОНГИЙН ҮҮСЭЛ

Танин мэдэхүйн цуврал - 1

Зохиогч: Академич Р.Тогоо

Редактор:	Д.Батмөнх
Хэвлэлийн эхийг бэлтгэсэн:	Ж.Шинэбаяр
Хэвлэлийн хуудас:	2.5 х.х.
Хэвлэсэн тоо:	1000 ширхэг
Хэвлэсэн газар:	“Голден Легион” ХХК

Copyright 2015© Монгол улсын Шинжлэх ухааны Академи

ISBN 978-99973-43-14-7

*Холхи газраас гялалзан харагдах өнгөт одоо
Хязгааргүй огторгуйн дунд зугаалсан олон улаан оч оо
Нарт ертөнцийн дотор суугаа марс од оо
Манай хүн төрөлхтөн чамтай танилцахыг хэдийнээс хүсэв...*

Д.Нацагдоржийн “Од” шүлгээс.

Өмнөх үг

Орчлонгийн үйл өрнөлийг нээхийн өмнө хэдэн өгүүлбэр дэлгэе. Хүн дэлхий дээр эрт дээр үеэс амьдарч байна. Мянга мянган жил өнгөрөвч биднийг хүрээлэн буй ертөнцийн болон асар уудмыг эзлэн төрсөн Орчлонгийн тухай мэдлэг өргөжин тэлсээр байна. Дэлхийн хиймэл дагуул хөөргөөд зогсохгүй сансарт аялдаг боллоо. Сансрын пуужинг Сар бусад гараг эрхэс рүү илгээж тэдний хүрээлэн буй орчинг судалж эхлээд байна. Гэвч Орчлонд маш олон тооны оньсого тааврууд байсаар байгаа тул хүн төрөлхтөн судалгаагаа өргөжүүлнэ. Хүний танин мэдэх үйл ажиллагааны ачаар Орчлонг төсөөлөн дүрсэлдэг боллоо. Усны дусалд ч хүрээлэн буй орчны тусгал байдаг.

Орчлонгийн тухай олон зуун судар ном эрт үеэс хэвлэгдэн гарч байгаа. Өнөөдрийн эрин зуунд мэдээлэл асар их байгаагаас эмх цэгцтэй мэдээллийг сурагч, оюутан, Байгалийн ухааны багш нар болон олон нийтийн боловсрол, мэдлэгийг арвижуулан дээшлүүлэх зорилгоор энэхүү товхимлыг тууриван уншигч Та бүхэнд билэг барьж байна. Товхимлыг бүтээхэд авьяас чадвараа гүн харамгүй тусалсан Д.Сумхүү, Т.Тулгаа, Ц.Цогтсайхан, Ж.Шинэбаяр нартаа болон шинжлэх ухааны нэр томьёо болон утга уянгын агуулгыг цэцэн мэргэнээр тунгаасан Д.Батмөнхөд гүн талархал илэрхийлж байна. Бидний хараа хяналтаас бултаж үлдсэн алдаа мадаг, төгс бус найруулгууд байгааг үгүйсгэх аргагүй учир уншигч Та бүхнээс хүлцэл өчье.

Хүний сэтгэн бодох авьяас чадварт танин мэдэхийн баяр баясгалан, эрч хүч, мөн чанар харьяалагддаг. Та ирээдүйд тайлагдах оньсогыг судлан шинжлэхийг үгүйсгэх аргагүй.

Танд амжилт хүсье!
Р.Тогоо

Гарчиг

Өмнөх үг	3
МАТЕРИЙН ТУХАЙ	5
Бодисын нэгдмэл чанар	5
Эгэл бөөмс	6
Эгэл бөөмсийн бүлгүүд	12
Фотон бол цахилгаансоронзон цацрагийн бөөм	13
Антибөөмс	17
Бөөмс хоорондох харилцан үйлчлэлийн хүчнүүд	18
бол Орчлонгийн холбогч гүүр мөн	
Энерги	23
Бөөмсийн устах чанар ба биежих чадвар	27
Бодис бол эгэл бөөмсийн бүлэглэл	29
Орчлонгийн эхлэл	32
Номзүй	39

МАТЕРИЙН ТУХАЙ

Бодисын нэгдмэл чанар

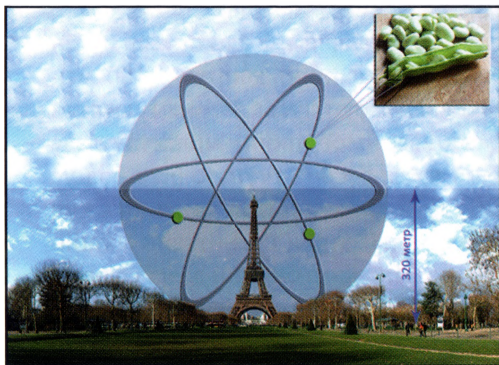
Маш энгийн бүрэлдэхүүнээс бүх юм тогтдог. Энэ чухал онцлогийг бид жишээн дээр үзье. Дурын механизм эд ангиас бүрдэнэ. Автомашинд хөдөлгүүр, гэвш, дугуй, жолоодлогын ба тормозны аппарат, тэнхлэг, хурдны хайрцаг гэх мэт эд ангиуд байдаг. Эдгээр эд ангиуд энгийн болоод маш жижиг бүрэлдэхүүн хэсгүүдээс тогтно: хөдөлгүүр гэхэд л бортого, бүлүүр, хавхлага, түлш хуваарилагч гэх мэт. Автомашины эдгээр тусгай эд ангиуд нь холхивч, гогцоо, таглагч, эрэг шураг гэх мэт хэсгүүдээр холбогдоно. Ингээд бүхэл бүтэн автомашин болно. Ийм нэгдмэл, тодорхой зүй тогтлоор холбогдсон, нэг бүхэл зүйлийг бид систем гэж нэрлэдэг.

Дурын эд энгийг бага буюу энгийн хэсгүүдэд задалж болно. Хэзээ энэ үйл явц зогсох вэ? Үүнийг маш энгийн систем болох цэцгэн дээрх, эсвэл үүлний усны дуслын жишээгээр тайлбарлая. Үүлний усан дусал ер бусын жижиг. Түүний диаметр ойролцоогоор дөнгөж $1/100$ мм-тэй тэнцүү. Тэгвэл үүлэн дэх усны нэг тэрбум дусал 1 грамм масстай болно. Дусал өчүүхэн бага ч гэсэн асар олон тооны молекулуудаас тогтно. Молекул нь усны асар бага хэсэг бөгөөд түүнээс бага бол ус оршин тогтохгүй. Жишээлбэл 220 гаруй сая хүн амтай улсын бүх хүн бидний үзүүлсэн дусал дахь молекулуудыг зурья гэвэл тавин мянган жил өдөржин шөнөжин зурах л болно. Ингэхээр бидний дээгүүр хөвж байгаа үүлэн дэх буюу цэцгэн дээрх дусалд хэдэн молекул агуулагдаж байгаа нь тодорхой.

Устөрөгчийн атом бол хамгийн энгийн ба хамгийн жижиг атом. 1 мм урттай гинж хийхийн тулд бараг арван сая атом шаардлагатай. Эрдэмтэд эрт үед атомыг хамгийн жижиг, түүнийг хуваах боломжгүй гэж таамаглаж байлаа. Иймээс түүнийг “үл хуваагдагч” буюу “атом” хэмээх грек үгээр нэрлэсэн юм. Атом нь үлэмж жижиг цөм, түүнийг тойрон эргэдэг электронууд гэсэн хоёр хэсгээс бүрэлдэн тогтдогийг баталсан. Их масстай Нарыг тойрон эргэдэг бага масстай эрхсүүдийн систем буюу Нарны аймагтай атом төстэй. Гэвч гараг эрхсийг Нартай холбогч хүч нь электронуудыг атомын цөмтэй холбодог хүчнээс огт өөр. Нарны системд таталцлын хүчнүүд үйлчилдэг бол электронууд цөмтэй цахилгаан хүчнүүдээр холбогддог. Цөм эерэг цэнэгтэй харин электронууд сөрөг.

Хамгийн энгийн атом болох устөрөгчийн цөм ердөө л нэг протонтой. Цөм энгийн ч, яагаад ч түүнийг хувааж чадахгүй. Гелийн,

устөрөгчийн, азотын, хүчилтөрөгчийн гэх мэт уран хүртэлх цөмүүд нь одны дотоод бүтэц буюу цөм дэх протонуудаас бий болсон байдаг. Жишээлбэл, гелийн цөм Нарнаас олдсон бөгөөд дөрвөн протоны нэгдэл байдлаар өөр олон одод илэрдэг. Энэ дөрвийн хоёр нь өөрийн нэмэх цэнэгээ алдаж цахилгаан цэнэггүй протон болсон байдаг, түүнийг нейтрон гэж нэрлэдэг. Иймд гелийн цөм хоёр протон, хоёр нейтроноос тогтож байна. Цөм доторх протон ба нейтронууд асар их хүчээр холбогддог, тэр хүчийг цөмийн хүч гэж нэрлэдэг. Ердийн нөхцөлд цөм дотор хэдэн протон байна төдий чинээ электронууд цөмийг тойрон эргэлддэг (1-р зураг). Атомын цөм электронуудаас мянга дахин хүнд, атомын бүх масс бараг л атомынхаа жижигхэн цөм дотор цугларсан байдаг. Атомын диаметрт ойролцоогоор зуун мянган цөмүүд багтдаг. Протон хэдий бага ч гэсэн Нар болон бусад од, эрхсийн хувь тавиланг тодорхойлдог.



1-р зураг. Цөмөө тойрон эргэлдэж буй электрон нь Эйфелийн цамхагийг тойрох вандуйны үртэй төсөөтэй.

Бүх атомууд протон, нейтрон ба электрон гэсэн гурван төрлийн эгэл бөөмсөөс бүрэлдэн тогтож байна. Протон ба нейтрон цөмийг

бүрэлдүүлдэг, цөм ба электроноос атом үүсдэг, атомуудаас молекул, молекулуудаас усны дусал цуглардаг гэдэгтэй бид танилцсан. Нар нь асар олон тооны протонууд (ойролцоогоор $45 \cdot 10^{55}$), нейтронууд ($7 \cdot 10^{55}$), электронуудаас ($45 \cdot 10^{55}$) бүрэлдэн тогтож байна.

Эгэл бөөмс

Протон, нейтрон ба электронуудыг энгийн бүрэлдэхүүнд задалж туршлагаар ажиглаж чадахгүй гэдэг нь тодорхой болоод байна. Гэхдээ атомын хувьд тохиолдсон түүх эгэл бөөмст тохиолдохгүй гэсэн баталгаа алга, түүнийг үгүйсгэж болохгүй. XIX зуунд эрдэмтэд атом бол материйн энгийн хэсэг мөн гэдэгт бүрэн итгэж байсан. Өнөөдөр тэр нь эгэл бөөмсийн систем болон хувирсан. Эгэл бөөмс нь ямар

нэгэн жижиг эгэл хэсгээс тухайлбал кваркууд буюу паргонуудаас тогтохгүй юм уу? гэсэн асуудал байгаа. Одоо протон, нейтрон, электрон болон бусад мэдэгдэж байгаа эгэл бөөмсийн үндсэн шинж чанарыг танилцуулъя.

Эгэл бөөмсийн хэмжээс. Эгэл хэмжээ ямар вэ? Тэд чинь тийм бага юм уу? Их наяд (10^{12}) эгэл бөөмсийг нэгэн эгнээ болговол цувааны урт 1 мм л болно. Иймээс эгэл бөөмийн диаметр их наяд миллиметрийн нэг буюу 10^{-15} метр юм. Энэ хэмжээг эгэл бөөмийг танин мэдэхэд гарамгай гавьяа байгуулсан Италийн физикч Энрико Фермийн нэрээр “нэг ферми” гэж нэрлэдэг.

Эгэл бөөмсийн масс буюу жин. Дурын биеийн масс хэдий их байна түүний жин төдий чинээ их л байдаг. Хүнд масстай биеийг хөдөлгөхөд хялбар биш, эсвэл тэр хөдөлж байсан бол зогсоход амар биш. Биеийн өөрийн төлөвөө өөрчлөхийг “үл хүссэн” энэ байдлыг инерц гэдэг. Эгэл бөөмс маш бага масстай төдийгүй бага инерцтэй. Ийм учраас тэдгээрийг гэрлийн хурдтай ойролцоо хурдтай болтол хурдасгах амархан юм. Зарим бөөмс бүр массгүй ч байдаг, жишээ нь фотоны тайван үед масс тэгтэй тэнцүү. Тэг масстай бөөмс шууд л үүсэнгээ хамгийн их боломжийн хурд буюу гэрлийн хурдтай хөдөлдөг. Эгэл бөөмсийн масс нь тэдгээрийн чухал физик гол үзүүлэлтийн нэг юм. Тухайн үед тайван төлөвт байгаа буюу хөдлөөгүй бөөмийн массын тухай бид ярьж байна. Тэр массыг *тайвны масс* гэж нэрлэдэг. Цаашдаа бид ямар нэгэн хурдтай хөдөлж байгаа бөөмийн масс чухам юунаас хамаардгийг харах болно. Хэдий чинээ хурдалж байна төдий чинээ масс ихэснэ. Бөөмийн тайвны масс үргэлж, хаа ч ижилхэн байна. Жишээлбэл, дэлхий дээрх электроны тайвны масс нь алс холын галактик дахь түүний тайвны масстай адилхан тохирч байдаг.

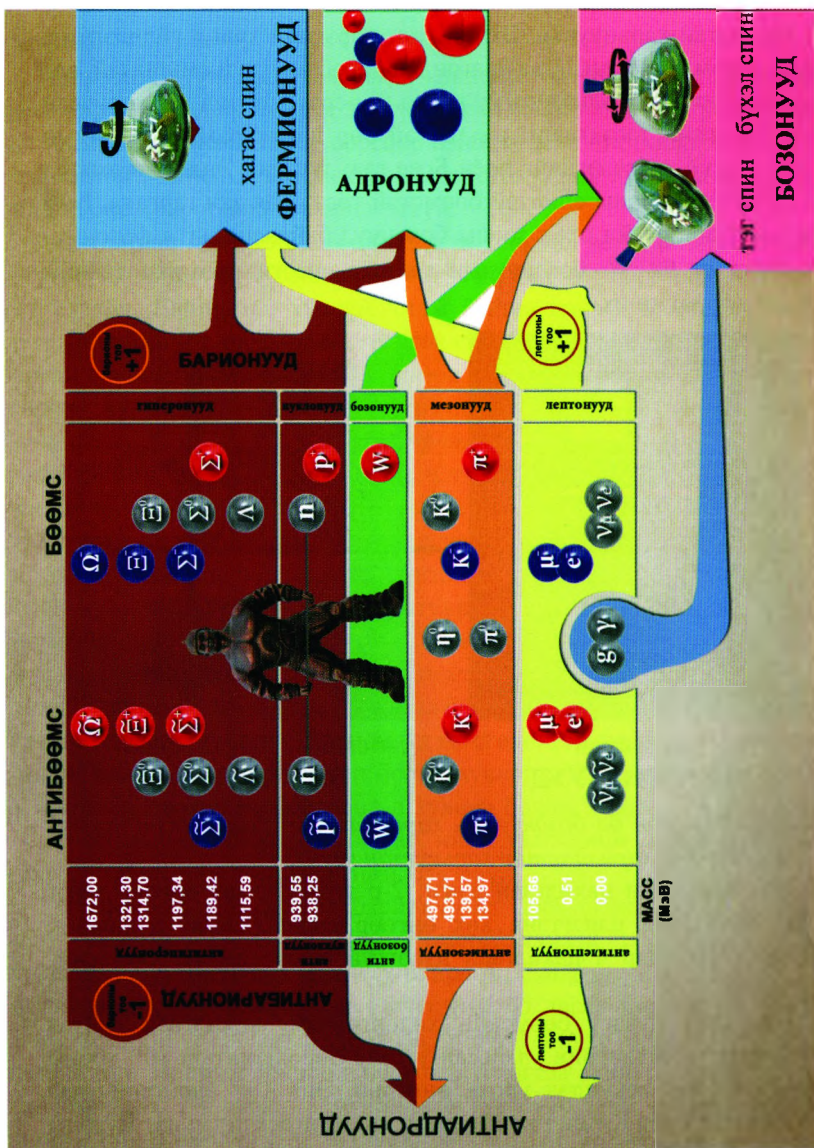
Бусад эгэл бөөмс. Хурдасгуур дахь протон, нейтрон ба электроныг судлах процесст эгшин зуурын хугацаанд өөр эгэл бөөмс үүсдэг. Хурдасгуур (<http://hl.desy.de/>) бол нэгэн төрлийн хүчтэй микроскоп гэсэн үг, түүний тусламжтайгаар эгэл бөөмсийн шинж чанар, онцлогийг судалж байна. Ботаникчид ургамлын шинэ төрөл, зоологчид одоо хүртэл мэдэгдээгүй байгаа амьтдын үл мэдэх төрлийг нээдэг шиг бөөмсийн шинэ шинэ төрлийг хурдасгуураар илрүүлдэг. Жишээлбэл Адроны том хурдасгуурыг хүн төрөлхтөн байгуулаад, 50 орчим жилийн өмнө онолоор таамагласан эгэл бөөмд масс олгодог Хиггс бозоныг дөнгөж саяхан ажиглаад, 2013 оны Нобелийн шагнал хүртэж байна. Энэ бозоны гүйцэтгэх үүргийг хавтасны ард үзүүлэв. 2-р зурагт ойролцоогоор секундийг тэрбум хуваасны нэгтэй тэнцүү

үлэмж бага хугацаанд ч гэсэн орчлонд оршин байж чадах, хамгийн сайн мэдэгдэж байгаа бөөмсийг үзүүлэв. Энэ зурагт үзүүлсэн бөөмсийн амьдрах хугацаанаас ч бүр бага, их наяд дахин бага хугацаагаар оршин тогтнодог бөөмс үй олноороо нээгдэж байдаг. Тэдгээр нь дөнгөж л 10^{-24} - 10^{-20} секунд амьдардаг тул *резонансууд* гэж нэрлэдэг. Эдгээр нь жинхэнэ эгэл бөөмс мөн үү гэдэг нь тогтоогдоогүй байна.

2-р зурагт үзүүлсэн бөөмсийг тайвны энергиэр нь харгалзуулан байрлуулсан. Бөөмсийн тайвны энерги хэдий л их байна энэ зурагт дээгүүр байр эзэлсэн байгаа. Зургийн зүүн талынхыг дараагийн бүлэгт тайлбарлана, одоо баруун талынхыг авч үзье. Протон ба нейтрон харьцангуйгаар хүнд бөөмс, иймд тэд зургийн дээгүүр хэсэгт байрлав. Эсрэгээр электрон маш хөнгөн учраас зургийн доогуур хэсэгт байрласан. Электроны тайвны массыг m_e гэж тэмдэглэн ойролцоогоор 10^{-27} грамм (нарийвчилбал, $9.1 \cdot 10^{-28}$ грамм буюу $9.1 \cdot 10^{-31}$ кг). Хэрвээ электроны масс m_e -г гэрлийн хурдны квадратаар үржүүлбэл электроны тайвны энерги гарна: $m_e c^2 = 0.51$ МэВ, үүнийг ч энд бичсэн. Тайвны масс бүхий бөөмсийн дотроос электрон хамгийн хөнгөн. 2-р зурагт хамгийн хүнд омега хэмээх бөөмс электроноос 3000 дахин хүнд. Дэлхий дээр ойролцоогоор их наяд (10^{12}) омега бөөмсийн жингүүд нарийн тогтоогдоогүй. Септиллион буюу их өвөр дээр (10^{24}) протонууд ойролцоогоор 1 грамм жин татна.

Эгэл бөөмсийн эргэлт. Орчлонд олон биес өөрийнхөө тэнхлэгийг тойрон хөдөлдөг. Энэ хөдөлгөөнийг бид эргэлт гэж нэрлэе. Гариг, одод, хиймэл дагуулууд, галактикууд мөн түүнчлэн молекулууд, атомууд ба эгэл бөөмс эргэлдэж байдаг. Эгэл бөөмсийн эргэлтийг *спин* хэмээн нэрлэдэг. Спин ямар нэгэн утгаараа том биетийн эргэлттэй төсөөтэй боловч тэдгээрээс маш их ялгаатай. Спин бүхий бөөмсийг жижигхэн ээрүүлтэй төстэйгээр дүрсэлж болно. Эгэл бөөмсийн эргэлт том биетийнхээс ялгаатай нь хэзээ ч удаашруулж эсвэл хурдасгаж чадахгүй. Спин нь эгэл бөөмсийн үл мэдэгдэх нэг шинж чанар юм. Спины хэмжээгээр нь бүх эгэл бөөмсийг хоёр бүлэгт хуваадаг.

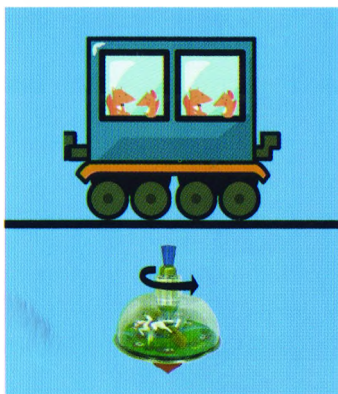
Огт эргэдэггүй буюу хэт хурдан эргэлддэг бөөмсийг Энэтхэгийн физикч Бозе-ийн алдраар *бозонууд* гэж нэрлэсэн. Эдгээр бөөмс тэг эсвэл бүхэл тооны спинтэй. Харин дундаж хурдтай эргэлддэг бөөмсийг *фермионууд* гэдэг. Түүний спин хагас тооны спинтэй.



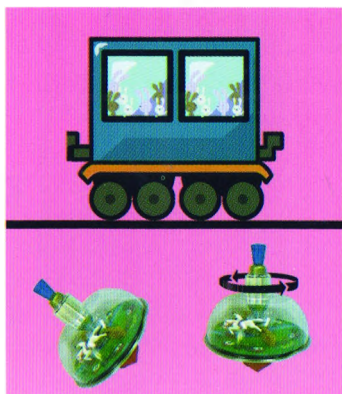
2-р зураг. Эгэл бөөмс [Йосип Кличик, Петр Якеш, 1985].

Бөөмсийн энэ хоёр хэлбэр нэг нь нөгөөгөөсөө маш их ялгаатай. Энэ ялгааг 3-р зургаас ойлгож болно. Ялгааг гаргахын тулд галт тэргэнд

яваа амьтадтай харьцуулъя. Эхний галт тэрэгний хувьд үйлчлэгч нь Ферми, дүрэм ёсоор тасалгаа болгонд хоёроос илүүгүй амьтадтай, нэг нь хөдөлгөөний чиглэлийн дагуу нөгөө нь эсрэг чиглэлд харан суусан байна. Удаагийн тасалгааны амьтадтай өөр дэг журамтай, амьтдын тоо хязгааргүй, үйлчлэгчийг ноён Бозе гэж дууддаг. Эндхийн амьтад тэг эсвэл бүхэл тооны спинтэй бөөмстэй төстэй ая зан гаргана. Бага хэмжээний огторгуйд олон тооны бозонууд байрлана, яг л фотонууд шиг. Хүнд W ба $\bar{W}$ бозонуудын тайвны энерги протоны тайвны энергиэс зуу дахин их.



хагас спин
ФЕРМИОНУУД



тэг спин бүхэл спин
БОЗОНУУД

3-р зураг. Фермион ба бозонуудын харилцан үйлчлэлийг галт тэргэн доторх амьтдын харилцаатай харьцуулан үзүүлэв.

Эгэл бөөмсийн цахилгаан цэнэг. 2-р зурагт улаан өнгөөр эерэг (нэмэх) цахилгаан цэнэгтэйг, хөх өнгөөр сөрөг (хасах) цэнэгтэйг, цагаан өнгөөр ямар ч цахилгаан цэнэггүй буюу саармаг бөөмсийг тэмдэглэсэн.

Цахилгаан цэнэгт бөөмсийн хөдөлгөөнийг цахилгаан гүйдэл гэж нэрлэдэг. Чийдэнгийн улайсан утсаар ойролцоогоор 10^{19} тооны электронууд нэг секундэд урсан өнгөрнө. Энэ 10^{19} электронуудад харгалзах цэнэгийг Кулон гэж нэрлэдэг юм. Нэг секундэд нэг Кулоны гүйдэл нь нэг ампер. Иймд электроны цэнэг 10^{-19} Кулонтой тэнцүү. Энэ бол хамгийн бага, хувааж болдоггүй цахилгаан цэнэг билээ. Электронд агуулагдаж буй цахилгаанжилтын тоо сөрөг цэнэгтэй бүх бөөмст байдаг. Протоны ба бүх эерэг цэнэгтэй бөөмсийн цэнэг нь электроны цэнэг шиг адилхан хэмжээстэй байдаг. Зөвхөн тэмдгээр л

ялгаатай.

Борооны үүл, үс самналт, конденсатор гэх мэт эерэгээр цэнэглэгдсэн биед протонууд давамгайлсан байдаг тул электронуудын дутагдалд орсон юм. Эсвэл, сөргөөр цэнэглэгдсэн бие электронуудын илүүдэлтэй болно. Хэрвээ электрон ба протонуудын ерөнхий тоо ижил бол тэр бие ямар ч цахилгаан цэнэггүй.

Цахилгаан цэнэгтэй бөөмийн эргэн тойронд өөр цахилгаанжсан бөөмд үйлчилдэг хүч байдаг бөгөөд тэдгээрийг хоорондоо ойртох үед илэрнэ. Цахилгаан хүч үйлчилж байгаа цэнэгт бөөмс, түүний орчмын огторгуйг *цахилгаан орон* гэнэ. Хэрвээ цэнэгт бөөмс хөдөлж байвал түүний эргэн тойронд *соронзон хүч (соронзон орон)* үйлчилж эхэлнэ. Хурдасгасан буюу удаашруулсан хөдөлгөөнд буй цэнэгт бөөм *цахилгаансоронзон цацраг (фотонууд)*-ийг цацна. Цахилгаан цэнэг хэзээ ч устдаггүй ба юунаас ч түүнийг үүсгэж болохгүй. Энэ үзэгдэл нь *цахилгаан цэнэг хадгалагдах хууль* хэмээн алдаршсан юм. 2-р зурагт хамгийн хөнгөн бөөм бол электрон гэдгийг бид харж байна. Ингэхлээр электрон өөрийнхөө цэнэгийг дамжуулах бүр жижиг бөөмс болон хуваагддаггүй. Энэ онцлог түүний тогтворт чанар юм. Эгэл бөөмсийн чухал дараагийн бүлэг бөөм бол барионууд юм. Түүний үндсэн шинж чанар бол *барионы цэнэг (барионы тоо)*. Baris грекээр “хүнд”, “жинтэй” гэсэн үг. Барионууд бол хүнд бөөмс. Түүнийг Та 2-р зургийн дээд хэсгээс олно. Барионууд төгсгөлөг (битүү) бүлэг үүсгэдэг. Барион бол зөвхөн өөр барион болон хувирна. Жишээлбэл, нейтрон нь протонд, протон нь нейтронд л хувирч болно. Протон ба нейтрон хоёр атомын цөмийн үндсэн бөөмс, иймд тэдгээрийг нуклонууд гэж нэрлэдэг ба nucleus латинаар “цөм” гэсэн үг.

Нуклоноос нэлээд хүнд барионуудыг грек үгний эхний үсгээр буюу “лямбда”, “кси”, “сигма”, “омега” хэмээн тэмдэглэдэг. 2-р зурагт тэд нуклонуудын дээгүүр байрлаж, *гиперонууд* гэж нэрлэнэ. Бүх гиперонууд тогтворгүй тул үүссэнийхээ дараа хурдан задардаг. Ганц нейтрон ойролцоогоор арав гаруй минут оршин байгаад протон руу задардаг. Барион болгон хүснэгтэд доошоо байр эзлэх гэж тэмүүлнэ. 2-р зурагт хамгийн доогуур байр эзэлсэн барион бол протон, тэр задрахгүй, хэрэв тэгвэл сансарт нэг барион дутагдах гэх боловч байгаль өөрөө нэг ч барион алдахгүйн төлөө зохицсон байдаг. Физикчид эерэг барион бүрт +1 цэнэг оногдуулдаг. Фотон, электрон ба бозонууд болох бүх үлдсэн бөөмс барионы цэнэг тэг байдаг. Хувирдаг бүх барионуудын нийлбэрийг барионы ерөнхий цэнэг буюу барионы тоо хэмээн *N*-ээр тэмдэглэдэг. Орчлонд болж буй ямар ч процессын үед

барионы ерөнхий цэнэг өөрчлөгддөггүй. Энэ үзэгдлийг бид *барионы цэнэг хадгалагдах хууль* гэж нэрлэдэг. Протон задарчихдаг бол барионы цэнэг хадгалагдах хууль зөрчигдөх байв. Цахилгаан ба барионы цэнэг хадгалагдах хуулиуд ямар ч өөрчлөлтгүйгээр үйлчилж байна. Протон ба электроны энэхүү тогтворт чанар манай сансар орчлонгийн үндэс юм. Хэрвээ энэ хэмжигдэхүүнүүд хадгалагдахгүй буюу протон ба электрон бүр хөнгөн бөөмст задардаг байсан бол молекулууд ба атомууд оршин байхгүй бөгөөд орчлон ертөнц огт өөрөөр дүрслэгдэх байлаа.

Лептон цэнэг ба лептон тоо. 2-р зурагт байрлуулсан хамгийн хөнгөн бөөмс лептон хэсэгт харьяалагдана. Грекээр leptos нь “хөнгөн”, “жижиг” хэмээн тэмдэглэдэг. Лептон бөөмст электрон (тэмдэглэгээ e^-), сөрөг цэнэгт мюон (μ^-) ба хоёр төрлийн нейтрино буюу электроны нейтрино ν_e ба мюоны нейтрино ν_μ хамрагдана. Барионуудын хувьд байдаг чанартай адилаар лептонуудыг алдахгүй байх байгалийн чанар мөрдөгдөж байдаг. Лептон бүрд лептоны цэнэг +1. Үлдсэн бусад бөөмс барионууд ба бозонуудын хувьд энэ лептоны цэнэг тэгтэй тэнцүү. Бүх өөрчлөлт хувиралтад лептоны цэнэгийн нийлбэр үл өөрчлөгдөнө, яагаад гэвэл *лептоны цэнэг хадгалагдах хууль* үйлчилдэг.

Изоспин, гаж ба тэгшлэг чанар гэсэн эгэл бөөмсийн өөр гурван шинж чанарыг нэмбэл эгэл бөөмийн талаар бүрэн ойлголттой болно. Эдгээр чанаруудыг бичих юм бол олон хуудас эзлэх учраас бид энэ удаа тайлбарлахгүй.

Эцэст нь 2-р зургийн баруун хагасыг эзэлсэн бөөмсийн шинж чанарын тухай танилцуулгыг дуусгая. Зүүн талын хэсэг баруун талын толин тусгал. Баруун талд байгаа эгэл бөөм бүрийг зүүн тал руу ойлгон харгалзуулж болно. Энэ нь *антибөөм* хэмээх ойлголтыг оруулж байна. Түүний тухай дараа тайлбарлая.

Эгэл бөөмсийн бүлгүүд

2-р зургаас эгэл бөөмсийг хэд хэдэн бүлэгт хуваадгийг мэдсэн. Спиний төрлөөр тэднийг хоёр том бүлэгт хуваадаг: фермионууд хагас спинтэй ба бозонууд тэг эсвэл бүхэл тооны спинтэй. Энэ тухай 2-р зурагт эргэлддэг тоглоомоор дүрслэн үзүүлсэн.

Фермионууд. Тайван үеийн массаас хамаараад фермионууд хоёр бүлэг үүсгэнэ. 2-р зургийн дээд хэсэгт хамгийн хүнд фермион болох барионуудыг жагсаасан. Барионуудын хамгийн хөнгөн нь протон (p). Үүнээс арай их масстай нь нейтрон (n). Гелийн цөм хоёр протон ба хоёр нейтроноос буюу дөрвөн нуклоноос тогтоно. Нуклоноос хүнд жинтэй барионууд бол *гиперон* (Грекээр hyper хэмээх нь “хэт, нэн”

утгыг тэмдэглэдэг), эдгээр нь богино хугацаанд нуклонууд болон задардаг учраас тогтвортой бус бөөмс. Фермионуудын нөгөө бүлэг бол хөнгөн бөөмс буюу лептонууд. Эдгээрт электрон (e^-), сөрөг мюон (μ^-), электроны нейтрино (ν_e) ба мюоны нейтрино (ν_μ) хамаарагдана. Эдгээр дөрвөн лептонууд тус бүртээ лептоны цэнэг нь +1, антилептонуудын хувьд лептоны цэнэг нь -1. Антилептонуудад *позитрон* буюу эерэг электрон (e^+), эерэг мюон (μ^+), электроны антинейтрино ($\bar{\nu}_e$) ба мюоны антинейтрино ($\bar{\nu}_\mu$) хамагддаг.

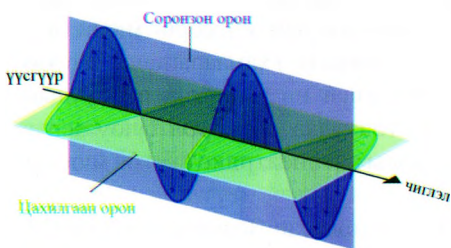
Бозонууд 2-р зургийн баруун талд байрласан. Заримдаа тэдгээрийг орны бөөмс буюу квазибөөмс гэж нэрлэдэг. Бозонууд хүч зөөгч бөгөөд тэр хүчний ачаар бөөмс нэг нь нөгөөдөө нөлөөлдөг. Цөмийн, цахилгааны ба таталцлын хүчнүүдийг зөөгч бозонуудад пион, каон, фотон, W-бозон ба гравитонууд хамагддаг. Гравитон ямар нэгэн туршлагаар илрээгүй таамаглалын төдий байгаа. Цөмийн харилцан үйлчлэлд пион буюу π -мезон ба каон буюу K-мезонууд маш их үүрэг гүйцэтгэдэг. Цөмийн хүчээр нэг нь нөгөөдөө нөлөөлдөг бүх бөөмсийг адронууд гэдэг. Ингэхлээр адронуудын бүлэгт барионууд ба мезонууд орно. Бозонуудын дотроос фотон онцгой байр эзэлнэ. Түүний тайвны энерги тэг, тэр хэзээ ч тайван төлөвт оршин тогтдоггүй. Фотон өөрөө үүссэнийхээ дараа шууд л сансар огторгуй руу хөдлөн нисч, зогсолтгүй нисэх замдаа боломжит дээд хурд буюу 300000 км/с хурдтай байдаг. Фотонууд бол мэдээлэл ба энерги дамжуулах үйлсэд маш чухал үүрэг гүйцэтгэдэг билээ.

Фотон бол цахилгаансоронзон цацрагийн бөөм

Гэрлийн тусламжаар бид Орчлонг, цаашилбал манай Дэлхийг танин мэдэж байна. Гэрэл бол усны гадаргуу дээрх долгионтой төстэй цахилгаансоронзон долгион (тухайлбал, цахилгаансоронзон цацраг) юм. Усанд долгионы хөдөлгөөнөөр түүний гадаргуу дээш доош хэлбэлздэг бол цахилгаансоронзон долгионы хувьд соронзон ба цахилгааны гэсэн хоёр хүч байдаг, тэд бие биендээ перпендикулярар хэлбэлздэг (4-р зураг). Гэрэл өөрөө цахилгаансоронзон цацраг бөгөөд бид нүдээрээ шууд л харж болно. Гэрлийн долгионы урт 400-аас 700 хүртэл нанометр (нм) хооронд байдаг. Энэ урт маш бага: ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м} = 10^{-6} \text{ мм}$).

Цахилгаансоронзон цацраг буюу хэлбэлзэл фотонуудаас бүрдэнэ. Энэ бол энергийн бөөгнөрөл, түүнд соронзоны ба цахилгааны гэсэн хоёр хүчнүүд нь нэг нь нөгөөдөө перпендикулярар хэлбэлзэнэ. Вакуум дахь гэрлийн хурд 300000 км/с байдаг бөгөөд ойролцоогоор

дэлхийгээс сар хүртэлх зайтай тэнцүү.



4-р зураг.

Цахилгаансоронзон
цацраг.

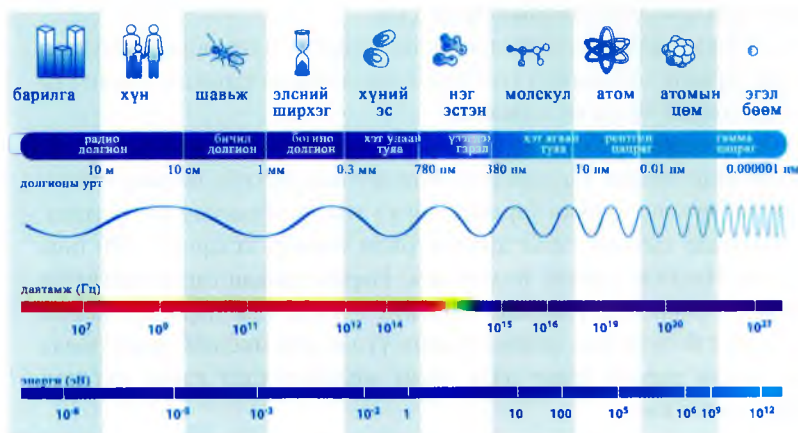
400-450 нм урттай
цахилгаан соронзон
долгион хөх өнгөний, 650-
700 нм урттай долгион
бидэнд улаан өнгөний

мэдрэмж бий болгодог. Хөх улаан гэрлийн хооронд ногоон, шар ба хул өнгүүд байрладаг. Нэг миллиметр уртад хөх өнгөний 2500 ба улаан өнгөний 1400 долгион оногдоно. Гэрлийн долгионоос гадна бидний хараанд муу нөлөө үзүүлдэг өөр долгионуудын бүлийг бид нүдээрээ үздэггүй. Гэрлийнхээс богино буюу 10-400 нм долгионуудыг *хэт ягаан цацраг* гэж нэрлэдэг. Бүр богино, 0.001 нм-ээс 10 нм хүртэлх урттай долгионыг бидний мэддэг *рентген цацраг* гэж нэрлэдэг. Үүнээс бүр бага, 0.001 нм-ээс богино урттай цацрагийг *гамма цацраг* хэмээдэг. Улаан өнгөний долгионы уртаас их буюу 700 нм-ээс 0.3 мм хүртэлх *урттай хэт (нил) улаан* гэж нэрлэдэг. Энэ цацрагийг бид хардаггүй ч дулааны хэлбэрээр биед үйлчилдгээр нь мэдэрдэг билээ. Миллиметрээс олон километр хүртэлх урттай цахилгаансоронзон долгионыг *радио цацраг* гэдэг. Үүгээр дурын теле болон радио нэвтрүүлгүүдийг дамжуулдаг. Радио цацрагийг сансрын биетүүд, нар болон бусад одод цацаргадаг. Мөн үүлэн дэх цахилалт нь радио цацраг юм. Цацаргалтын дээр дурьдсан бүх хэлбэрүүдээс үзэхэд хамгийн гол ялгаа нь зөвхөн долгионы урт юм (5-р зураг).

Цахилгаансоронзон цацаргалтыг цахилгаан ба соронзон долгионы хэлбэрээр, эсвэл энергийн (фотоны) хэлбэлзэж байгаа бөөгнөрөл хэлбэрээр дүрслэн ойлгодог. Эхний тохиолдолд долгионы уртыг авах бөгөөд түүнийг грекийн “лямбда” λ үсгээр тэмдэглэдэг бол хоёр дахь тохиолдолд нэг секундэд хэлбэлзэх тоо буюу цацрагийн долгионы давтамж, түүнийг грекийн “ню” ν үсгээр тэмдэглэнэ. Жишээлбэл, фотоны хул өнгөний долгионы урт $\lambda=600$ нм-тэй тэнцүү гэвэл түүний долгионы давтамж нь секундэд $5 \cdot 10^{14}$ ($\nu=5 \cdot 10^{14}$). Фотон нэг удаагийн хэлбэлзлээр нэг л долгион үүсгэнэ, өөрөөр хэлбэл фотон λ долгионы урттай тэнцэх зайг нисэж өнгөрөөнө. Ингэхлээр фотон нэг секундэд ν хэлбэлзэл хийх буюу долгионы уртыг λ дахин үржүүлсэн зайг ($\lambda \cdot \nu$)

туулна. Эндээс бид цахилгаан соронзон цацрагийн давтамж их байх тусам түүний долгионы урт богино байдгийг харж байна.

Өнгөрсөн зууны 70-80 онуудад эрдэмтэд гаммаас радио хүртэлх цахилгаан соронзон цацрагийн бүх давтамжуудаар сансрыг ажиглах болсон. Энэ нь бидэнд Орчлонгийн тухай бүрэн төсөөллийг өгч байна. Дэлхий болон сансар дахь бие болгон янз бүрийн урттай цахилгаансоронзон долгионыг (фотоныг) цацдаг. Биеийн температур хэдий их байна төдий чинээ их давтамжтай олон фотонуудыг тэр цацах болно. 5-р зурагт янз бүрийн температуртай биес ямар долгион цацдагийг үзүүлээ.



5-р зураг. Цахилгаансоронзон долгионы спектр. Зургийн дээд талаар цацрагийн уртыг метрээр, харин дунд хэсэгт нь түүнд харгалзах долгионы давтамжийг герцээр, доод талд энергийг эВ-ээр илэрхийлсэн.

Винийн хуулийг ашиглан оддын гадаргуу дээрх температурыг амархан тооцоолдог. Одны спектрээр зөвхөн түүний температурыг тодорхойлоод зогсохгүй биднээс холдож байгаа, эсвэл ойртож байгааг илэрхийлдэг хурд, химийн бүтэц, эргэлтийн хурд, гаргаж байгаа энергийн хэмжээ, масс болон хэмжээ зэргийг тодорхойлно. Иймд одны болон бусад биетийн спектр нь Орчлонг танин мэдэх боломжийг өгдөг гол мэдээлэл юм. Хэрвээ фотонууд ямар нэг материтай шүргэлцсэн бол дараах үзэгдлүүдийн аль нэг ажиглагдах ёстой.

а. Гялгар хавтгай (толь шиг) гадаргуу дээр туяа тусвал *ойдог*. Энэ үед гадаргууд ямар ч өөрчлөлт үзүүлэхгүйгээр зөвхөн өөрийн чиглэлээ өөрчилнө.

б. Хар барзгар гадаргуу дээр туяа тусвал *шингэнэ*. Энэ бол туяа хар материйн дулаан рүү хувирч түүнийг халааж байна.

в. Тунгалаг матери буюу жишээлбэл шилийг туяа нэвт өнгөрнө. Харин өнгөтэй шилэнд туяаны тодорхой хэсэг шингэнэ. Улаан өнгөтэй шилийг зөвхөн улаан өнгөнд харгалзах давтамжтай фотон л нэвтрэн өнгөрнө. Бусад нь шингээд дулаан болон хувирна.

г. Гэрэл янз бүрийн чиглэлд ойвол түүнийг *сарнил* гэж нэрлэнэ. Энэ сарнил нь агаар дах молекул ба тоосонцор байгаагийн үр дүн юм. Хөх гэрэл агаарын молекулууд дээр сарнидаг бол улаан нь бараг сарнидаггүй. Үүгээр тэнгэрийн хөх өнгө ба шингэж байгаа нарны улайрч харагддаг үзэгдэл тайлбарлагддаг.

д. Хэрвээ туяа тунгалаг материйн гадаргуу дээр өнцгөөр тусвал хугардаг. Тухайн матери руу туяа хэдий чинээ удаан тархана, тэр анхны чиглэлээс төдий чинээ их хазайна.

е. Солонгын бүх өнгийг агуулсан цагаан гэрэл шилэн призмийн гадаргуу дээр тусвал тэр хугарна. Улаан гэрэл хөхийг бодвол шилэн матери дотор маш хурдан тархана, иймд хөх нь улаанаас их хугарна. Ийм байдлаар цагаан гэрэл призмд олон өнгөөр задарна. 1700 оны үед Исаак Ньютон үүнийг нээсэн юм. Нарны цагаан гэрэл призмээр өнгөрөхдөө олон өнгөт зураас болдгийг *спектр* гэж нэрлэдэг билээ. Үүнтэй төстэй зүйл бол өндөрт орших үүлэн дэх мөсний талст, эсвэл бороо орсны дараах агаар дахь усны молекулуудад гэрэл хугаран сарних үзэгдэл юм.

ж. Зарим нэг бодисыг туяа нэвтрэн өнгөрөх үедээ туйлширдаг. Нарны гэрэл ба чийдэнгийн гэрэл туйлшраагүй, байгалийн ердийн гэрэл. Учир нь түүний фотон цахилгаан ба соронзон орны хавтгайд тодорхой чиглэлд давамгайлаагүй байна гэсэн үг. Харин талстуудыг нэвтрэн өнгөрч буй фотон зөвхөн нэг чиглэлд хэлбэлздэг. Иймд туйлширсан гэрлийн цахилгаансоронзон векторууд эмх журамтай ба нэг чиглэлд чиглэнэ.

Сансрын уудамд энергийн олон хэлбэрээр фотонууд хөдөлж байна. Их энергитэй фотон хязгааргүй огторгуйд төдийгүй одод дотор ч үүсдэг. Жишээлбэл, нарны гадаргуу дотор рентген цацрагийн олон тооны фотонууд байдаг. Нарны массаас арав дахин их масстай однуудын гадаргуу дотор ч гамма цацрагийн фотонууд нуугдаж байдаг. Орчлонгийн үүсэлд фотонууд бусад бөөмсийг бодвол үнэлж баршгүй үүрэг гүйцэтгэсэн, энэ тухай нэг бүлгийн дараа тайлбарлана. Сансрын судалгаанд фотонууд их үүрэг гүйцэтгэж байна. Нарны энергийг Дэлхий рүү зөөж байна, хаана нэг үүссэн биетийн тухай

болон туулж ирсэн огторгуйн талаарх мэдээллийг бидэнд өгч байна. Нарны гэрлийг Дэлхий дээр авчирч буй фотонуудын ачаар л бид амьдарч байна, бас Орчлонг тэд нараар дамжуулан танин мэдэж байна. Сансрын бүх фотонууд ижилхэн нэг хурдтай. Иймд ойрын одноос ирэх фотон алслагдсан галактикийн фотонуос эрт нисэн ирдэг. Иймд сансраас Дэлхийд ирж байгаа фотонууд янз бүрийн настай байна. Дэлхийн гадаргуугаас цацаргагч бие ямар зайтай байгаагаар фотоны нас тодорхойлогдоно.

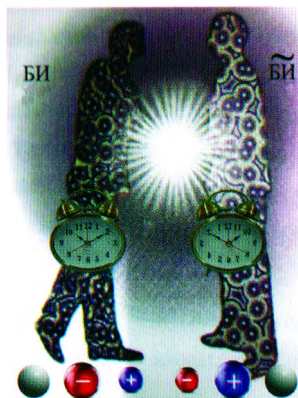


6-р зураг. Дэлхийгээс алслагдсан биетээс ирэх фотонуудын туулах хугацаа.

Солироос нисэн ирж буй фотоны амьдрах хугацаа ойролцоогоор секундйн мянганы нэг, Сарнаас секунд гаруй, Нарнаас найман минут бол ойролцоох одоос хэдэн жил гаруй байна. Сүүн замын төвөөс фотонууд бидний зүг гучин мянган жил, Андромед одны ордын галактикаас 2 сая жил, алс холын галактикаас хэдэн тэрбум жилийн хугацаанд нисэн ирж байна (6-р зураг). Хамгийн хөгшин фотонууд Орчлон хэрхэн үүсэн төрснийг санаж байгаа.

Антибөөмс

“Анти” гэсэн үгийг сайн ойлгохын тулд толь авъя. Түүнд харагдаж буй хүн би биш ч, надтай маш төстэй. Миний баруун талд байгаа юм, түүний зүүн талд, хэрвээ би зүрх хавьцаа гараа тавивал тэр зүүн талдаа болж, түүний зүрх эсрэг талдаа байрласан юм шиг болно. Толинд харагдаж байгаа хүний байрлал, хөдөлгөөнд тухайн хүнийхээс эсрэг байдаг. Энэ бол миний анти хүн гэж хэлж болно (7-р зураг). Зөвхөн энэ анти хүн шиг хүрээлж буй орчлонг толинд тусган харвал эсрэг төрх шинж чанартай болно. Цагийн зүүний хөдөлгөөн баруун шургийн чиглэлтэй байхад толинд зүүнлэг харагдана.



7-р зураг. Манай ертөнцтэй тэгш хэмтэй анти ертөнц.

Бидэнд харагдаж буй юмс, толинд *анти юмс* болоод, тэд оршин тогтнож болох нь. Одоо бидэнд анти бөөмс гэдэг нь бидний урьд үзсэн протон, нейтрон, электрон г.м эгэл бөөмсийг өөр бөөмстэй харьцуулж үзэхэд тэдний эсрэг мөн чанарыг агуулсан бөөмс байх нь тодорхой боллоо.

Бөөмс хоорондох харилцан үйлчлэлийн хүчнүүд бол Орчлонгийн холбогч гүүр мөн

Энэ хэсэгт бөөмсийг холбодог “Орчлонг холбогч эхлэл”-ийн тухай үзнэ. Биеийг бүрдүүлэгч эгэл бөөмсийн хооронд *цөмийн, цахилгааны, сул, гравитацийн харилцан үйлчлэлийн хүч* үйлчилнэ. Яг энэ дөрвөн хүчнүүд сансрын холбогч эхлэл мөн бөгөөд түүнгүйгээр биет, атом, ургамал, одод оршин тогтнох ямар ч бололцоогүй. Эгэл бөөм бүр бидний нэрлэсэн хүчний аль нэгд захирагдана. Бөөмсийг хүрээлсэн, хүч үйлчилж буй огторгуйг *бөөмийн хүчний орон* гэж нэрлэдэг. Түүний хэмжээ харилцан үйлчлэлийн төрлөөс хамаарна. Цөмийн орон ер бусын бага, учир нь нэг ферми зайд л бөөмс шууд ойртсон үед л үйлчилдэг цөмийн хүч юм. Гравитацын орон эсрэгээр их зайд л илэрнэ. Харилцан үйлчлэлийн энэ хүч маш сул ч олон сая гэрлийн жилийн зайд тархан үйлчилдэг.

Харилцан үйлчлэлийн эдгээр бүх хүчнүүд нь харгалзсан эгэл бөөмийн өөрийн эхлэлийг бий болгодог. Иймээс эгэл бөөм бүр хүч буюу орны үүсгүүр болдог. Жишээлбэл, цахилгаан цэнэгтэй бөөмс цахилгаан орноор хүрээлэгдэнэ. Ингэхлээр бөөмийн цахилгаан цэнэг түүний цахилгаан орны үүсгүүр юм. Үүнтэй төстэйгээр адрон (барион ба мезон)-ууд цөмийн орны үүсгүүр юм. Бүх бөөмс гравитацийн орны үүсгүүрт холбогдох нь гарцаагүй юм. Бөөмийн хүрээлсэн орон бүр энергитэй байна. Бид ямар нэгэн аргаар тэр бөөмийг алга болгоё гэж бодвол ямар нэгэн хугацаанд орон өөрөө салангид байгаад өөрийн үүсгүүр болж байсан бөөмөөс үл хамааран тэлнэ. Тэгээд тэр орон энергийн бөөгнөрөл болон хувирна, түүнийг бид квазибөөм буюу орны бөөм гэж нэрлэдэг. Цөмийн орон дотор мезонууд, цахилгаан

оронд фотонууд, сул үйлчлэлийн орон дотор W-бөөмс, гравитацийн оронд гравитонууд үүсдэг. Эдгээр бүх квазибөөмс бозонууд юм. Тэд тэг буюу бүхэл спинтэй төдийгүй цахилгаан цэнэгтэй, (π^+ , π^- , K^+ , K^-) буюу цэнэггүй ч (π^0 , K^0 , $\bar{K}^0$, фотон) байна. Тэдгээрийн тайвны масс тэг (фотон, гравитон), эсвэл электроны массаас олон дахин их масстай (мезонууд, W-бөөмс). Бүх бөөмсийн дотроос хамгийн хүнд нь W-бозон, түүний тайвны масс протоны тайвны массаас бараг 100 дахин их.

а. Цөмийн харилцан үйлчлэл. Бүх үйлчлэлүүдээс хамгийн хүчтэй нь. Түүний үйлчлэлийн радиус тийм их биш (10^{-15} м буюу 1 ферми). Цөмийн харилцан үйлчлэлийн үүсгүүр нь адронууд, жишээлбэл, хоёр протон бие биетэйгээ 1 фермитэй тэнцүү зайд ойртох юм бол хүчирхэг цөмийн хүчээр тэд хоорондоо таталцаж эхэлнэ. Иймэрхүү бага зайд үйлчилж байгаа энэ хүч тэдгээрийн түлхэлцэх цахилгаан хүчнээс олон дахин хүчтэй. Цөмийн хүч нуклонуудыг холбож атомын цөмийг үүсгэнэ. Цөмийн хүч нь цөмийг гаднын нөлөөнөөс тогтвортой байлгадаг. Цөмийн харилцан үйлчлэлээр бүх хүнд элементүүдийн цөмийг протонуудаар үүсгэдэг. Төмөр хүртэлх хүнд атомуудын цөм одны дотор бүрэлдэж байна. Иймд сансарт устөрөгчийн тоо багасаад хүнд элементүүдийн тоо ихсэж байна. Цөмийн харилцан үйлчлэлийн нөлөөн дор бий болж буй энэ хувирлыг *сансрын химийн хөгширөлт* гэж нэрлэдэг. Хүнд цөмийн үүсэлтийн үед оддын цацаргах энергийн үүсгүүр болсон энергийг протонуудаас чөлөөлдөг. Одод бол асар том цөмийн реактор билээ. Дэлхийн гадаргуу дээрх бараг бүх энерги нь Нарнаас үүсэлтэй. Цөмийн харилцан үйлчлэлийн тусламжтайгаар Нарны төвд устөрөгч гелийн цөмд хувирах урвалын үр дүнд тэр энерги бий болдог байна.

б. Цахилгаан харилцан үйлчлэл. Сансрыг бүрдүүлэгч хамгийн гол бөөмс протонууд ба электронууд нь цахилгаан цэнэгтэй төдийгүй бусад бөөмс, антибөөмс хүртэл цахилгаанжсан байдаг. Тэдгээрийн цэнэг $1.6 \cdot 10^{-19}$ кулон эсвэл $-1.6 \cdot 10^{-19}$ кулонтой тэнцүү. Адилхан цэнэгтэй үед бөөмийн тайвны масс ялгаатай байж болно. Гайхалтай нь, массын ялгааг үл харгалзан бүх цэнэгт бөөмс сансарт адил хэмжээтэй элементар цэнэгтэй байдаг явдал.

Электронууд нэг биеэс нөгөөд шилжиж болно. Жишээлбэл, шилэн савааг даавуу алчууртай үрвэл электронууд саваанаас алчуур руу шилжинэ. Саваанд электронууд дутагдаж протонууд илүүднэ. Ингэхлээр тэр эерэг цэнэгтэй болжээ. Эсрэгээр алчуур электроноор илүү болоод сөрөг цэнэгтэй болов. Хэрвээ бид одоо даавуун алчуурыг шилэн саваанд ойртуулбал электронууд саваа руу шилжээд протон

бүр нэг электроной болоод саваа ч, алчуур ч цэнэггүй саармаг төлөвт орно. Эгэл бөөмийн цахилгаан цэнэг бол цахилгаан орон ба цахилгаан хүчний үүсгүүр юм. Цэнэгт бөөмсийн хооронд цахилгаан хүч үйлчилнэ. Хэрвээ ижилхэн цэнэгтэй байвал тэд хоорондоо түлхэлцэнэ. Хэрэв эсрэг цэнэгтэй бол тэд таталцана. Цэнэгт бөөмс тухайлбал, электронууд хөдлөх үед тэдгээрийг тойрон соронзон хүч бүхий соронзон орон үүснэ. Цахилгаан цэнэгт бөөмсийг хүчтэй хурдасгах эсвэл удаашруулах бол тэд цахилгаан соронзон орны квант болох фотонуудыг цацаргана. Цахилгаан цэнэгт бөөмсийн урсгалыг, жишээлбэл зэс утас доторх электронуудын урсгалыг бид *цахилгаан гүйдэл* гэж нэрлэдэг.

Цахилгаан хүч нь биеийн бүтцэд маш чухал. Түүний үйлчлэлээр эерэг цэнэгт цөм өөртөө сөрөг цэнэгт электронуудыг татдаг. Ингээд нөгөө атом л бүрэлдэнэ. Цахилгаан хүч нь атомуудыг өөр хооронд төдийгүй энгийнээс эхлээд хүн хүртэлх их цар хүрээг хамаарсан амьд организм, усны дусал, тоос, кристаллууд ч молекулаас бүрддэг. 500 км хүртэлх диаметртэй том биет эрхэс, бага гариг ба гаригсын дагуулууд дотор молекулууд цахилгаан хүчээр л холбогдоно. Иймд эдгээр биетүүд зөв биш хэлбэртэй байдаг. Хэдийгээр молекулууд таталцлын хүчээр холбогдож байгаа ч гэсэн энэ нь тэднийг бөмбөрцөг хэлбэртэй болгоход дутагдана.

Цахилгаан ба түүнтэй холбоотой соронзон хүчнүүд янз бүрийн хэлбэрээр илэрнэ. Атомын электрон бүрхүүлийн бүтэц, молекулын шинж чанар, тэдгээрийн талст дахь холбоо, хий, шингэн, ба хатуу биеийн хими ба физикийн шинжүүд, бодисын хатуулаг, тунгалаг ба тунгалаг биш чанар, мэдрэлийн цочрол, хүлээн авах чадвар, бидний уураг тархи, булчингийн ажиллагаа гэх мэт Дэлхий дээр болж байгаа маш олон үзэгдлүүд, процессууд бүгд л электрон ба протоны цахилгаан хүчээр л үйлдэгддэг.

в. Сул харилцан үйлчлэл. Цөмийн хүчний үйлчлэл нь адронуудын хүрээлсэн зайгаар хязгаарлагддаг бол сул цөмийн үйлчлэл бөөмс дотор бий болдог. Түүний радиус нь хүчтэй үйлчлэлийнхээс зуу дахин бага 10^{-17} м. 10^{-15} м орчим хэмжээтэй бөөмийн хувьд сул харилцан үйлчлэл бөөмсийн төв дотор явагдана.

Сул үйлчлэлийн хамгийн энгийн жишээ болох бета задралыг авч үзье. Цөмтэй холбоогүй чөлөөт нейтрон (n) сул үйлчлэлийн үр дүнд гурван бөөмс болон задардаг: протон (p), электрон (e^-) ба антинейтрино ($\bar{\nu}_e$). Энэ задралыг

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$$

гэж бичдэг. Чөлөөт нейтроны задрах буюу амьдрах хугацаа 10 минут орчим. Энэ процесс цөм дотор ч явагдана, тэр нь секунд хүрэхгүй хугацаанд болдог ч заримдаа цөмийн төрлөөс болоод маш удаан үргэлжилнэ.

Протон ба нейтроны задралын үр дүнд электрон ба позитрон үүссэн, ялангуяа электроны нейтрино ба электроны антинейтрино үүссэн билээ. Электрон ба нейтрон үүссэн эсвэл устсан үед электроны нейтрино ба электроны антинейтрино үргэлж оролцож байна. Эсрэгээр мюонууд (μ^- , μ^+) үүсэх ба хувирах үед мөн л мюоны нейтрино ба мюоны антинейтрино (ν_μ ба $\bar{\nu}_\mu$) илэрнэ. Пионы задралын $\pi^- \rightarrow \mu^- + \bar{\nu}_\mu$, $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu$ урвалыг харахад π^- ба π^+ мезонууд лептоны тоо тэг, μ^- ба ν_μ лептоны цэнэг +1, харин антилептон болох μ^+ ба $\bar{\nu}_\mu$ -ны лептоны цэнэг -1.

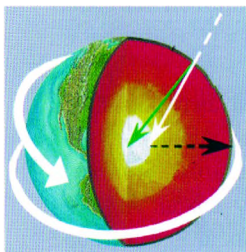
Нейтрино бол Нар, бусад оддын төв дотор булгилж буй процессуудыг ажиглах найдвартай ганцхан гарцыг хүн төрөлхтөнд заяагаад байна.

Эрдэмтэд нейтрино ба антинейтриног бүртгэх мэдрэмтгий багаж төхөөрөмж бүтээж хэдий хэмжээний анти бодис, антиодод ба антигалактик сансарт байгааг тодорхойлно. Ердийн бөөмс (протон, нейтрон ба электрон)-өөс тогтдог одод электроны нейтриногийн үүсгүүр. Эсрэгээр антипротон, антинейтрон ба позитроноос тогтсон антиодод электроны антинейтрино цацаргана, иймээс протон нейтронд задардаг шиг антипротон ($\bar{p}$) мөн л антинейтрон ($\bar{n}$), электрон ба антинейтрино руу $\bar{p} \rightarrow \bar{n} + e^- + \bar{\nu}_e$ гэж задарна.

г. **Гравитац (таталцлын) хүч** нь бүх бөөмс ба антибөөмсийн хооронд үйлчилнэ. Гэхдээ эгэл бөөмсийн ертөнцийн хувьд энэ хүч цөмийн хүчнээс ойролцоогоор 10^{40} дахин сул. Иймд атом, молекул, чулуулаг, бага гараг, хиймэл дагуул зэргийн цөм үүсэхэд энэ хүч оролцохгүй. Энэ хүч гариг, одод, тодруулбал 10^{46} -ээс их эгэл бөөмсөөс бүрдсэн бүхий л биетүүдийн үүсэлд гол үүрэгтэй. Эдгээр биетийн диаметр 500 км-ээс их байдаг. Гравитацын хүч таталцлын шинжтэй учир биед бөөрөнхий хэлбэр олгоно. Арав, хорин километр диаметртэй биетийн хувьд таталцлын хүч тэр биеийн талст бүтцийг эвдэхэд хүрэлцэхгүй. Харин 500 км-ээс их диаметртэй биетийн хувьд хувийн таталцлын хүч нь талст дахь цахилгаан хүчийг давтдаг, хатуу бие уян болж бие өөрөө бөмбөрцөг хэлбэртэй болно. Иймээс Сар (түүний диаметр 3476 км) бөмбөлөг хэлбэртэй.

Гравитац бол харилцан үйлчлэлийн хамгийн тархсан хүч . Дэлхий дээр түүнийг *дэлхийн таталцал* гэж нэрлэдэг, энэ хүчний ачаар бүх биес дэлхийд татагдсан байдаг ба сансрын уудам руу нисэн алга болдоггүй. Дэлхий дээрх нуклон (тэд 10^{51} орчим) бидний биеийн нуклонтой (10^{29} ойролцоо) таталцаж байдаг. Нийт дүнгээрээ тэр 10^{80} маш сул хүч бөгөөд тэдгээрийн хүчээр бид Дэлхийд татагдан байдаг билээ.

Гравитац Дэлхий дээр маш их үүрэг гүйцэтгэдэг. Агаар халаад дээш хөөрдөг, түүний оронд хүйтэн хүнд агаар эзэлдэг, тэгээд салхи үүснэ. Дээш хөөрсөн агаарт усны уур дусал болгон нэгдэнэ, үүнээс үүл үүсдэг. Дуслууд аажмаар өснө, эцэстээ бороо болон газарт унадаг. Усны дуслууд ба газар хоёрын хооронд гравитацийн хүч үйлчилнэ, иймээс дусал газарт унаж байгаа юм. Газар дээр дуслууд нийлж горхи, горхи голд, олон голууд далайд нийлнэ. Энэ бүгдийг газар өөртөө татдаг билээ. Аль эрт Дэлхийн хүндийн хүчний чиглэлийн дагуу ургамал эгц дээш ургадгийг байгаль өөрөө зохицуулснаас гадна хүн босоо зогсож явдаг хүртэл хамрагдана. Нарийндаа бол газрын гравитац, газрын таталцал хоорондоо ялимгүй ялгаатай. Хэрвээ Дэлхий эргэдэггүй байсан бол газрын гравитацийн ба газрын таталцлын чиглэлүүд давхцах байлаа. Дэлхий эргэж байгаагийн үр дүнд төвөөс зугтаах хүч бий болж, тэр нь гравитацийн чиглэлийг нэлээд хазайлгасан (8-р зураг). Энэ хазайлт тийм мэдэгдэхүйц их биш.



8-р зураг. Дэлхийн эргэлтээс үүсэх төвөөс зугтах хүч (хар сумаар) бүхий Дэлхийн таталцлын хүчний (цагаан сумаар) чиглэлээс гравитацийн хүчний (ногоон сумаар) чиглэлийн өчүүхэн хазайлт.

Сансрын огторгуйд гравитацийн хүч хамгийн гол нь юм. Түүний ачаар хэлбэр дүрсгүй хийн үүлнүүдээс галактик, одод, гариг эрхэс ба том том дагуулууд үүсэж, тэдгээр нь тодорхой хэлбэртэй болсон билээ. Нарыг тойрсон эрхэс гаригууд, эрхсийг тойрсон дагуулуудын эргэлт болон хиймэл дагуулууд ба сансрын станц бүгд л гравитацийн харилцан үйлчлэл шүтэлцээгээр тогтож байна.

Түүгээр тогтохгүй Нарны систем, одод, мананцрууд, одод хоорондын бодисууд, оддын бөөгнөрөл зэрэг нь Сүүн замын төвийг тойрч байгаа нь бас л гравитацийн хүчний үр бүтээл бөгөөд энэ хүч

Сүүн замын бүрдүүлж байгаа бүх эгэл бөөмс (ойролцоогоор 10^{69})-ийг татах чадвартай болно.

Гравитац том бист, түүний системийг бүрдүүлэхэд нөлөөлөөд зогсохгүй тэдгээрийн цаашдын хувь заяанд нөлөөлнө. Энэ тухай бид Орчлонгийн өөрчлөлт хувьсал гэсэн бүлэгт тодруулах бөгөөд гравитац оддыг мөхөлд ч хүргэж болно.

Энерги

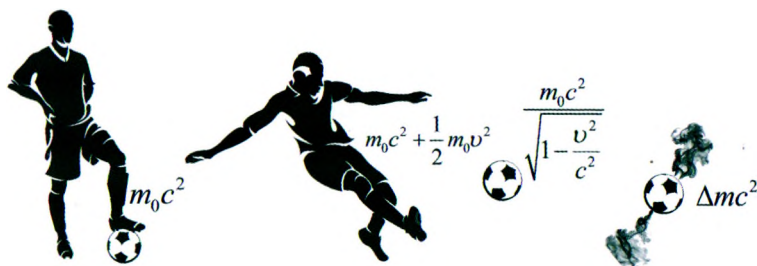
Эгэл бөөмсийн хамгийн чухал шинж бол энсрги юм. Бөөм, антибөөм бүр энергитэй, тэд түүнийгээ алдана, өөр бөөмст шилжүүлж чаддаг. Бас өөр бөөмсөөс авах замаар бөөм энерги хуримтлуулдаг. Энерги өөрчлөгдөж байгаа энэ шинжээрээ эгэл бөөмсийн үл өөрчлөгдөх бусад шинж чанараас ялгаатай. Эгэл бөөмийн энсрги өөрийн тайвны масс m_0 (тайвны масс)-аас, байгаа орчинтой харьцангуй хөдөлж байгаа хөдөлгөөний хурд (кинетик энсрги)-аас хамаарна, үүнээс гадна тэр өөрөө чөлөөтэй эсэх, ямар нэгэн системд харьяалагдаж буй эсэх (холбоосын энсрги)-ээс бас хамаарна.

Нэг том ололт бол m_0 тайвны масстай бөөм $m_0 c^2$ энерги агуулсан байдгийг тогтсон явдал билээ. Энд c^2 хэмжигдэхүүн бол гэрлийн хурдны квадрат. Тайвны масстай нэг ч бөөм энэ их хурдаар хөдөлж чадахгүй. Зөвхөн фотонууд л тайвны массгүй учир вакуумд энэ хурдаар хөдлөх чадвартай. Бөөмийн масс ба түүний энерги хоёрын хоорондын хамаарал тайван төлөвт байгаа бөөмийн энерги $E_0 = m_0 c^2$ болно. Энд m_0 бол бөөмийн тайвны масс. Антибөөмийн тайвны масс эсрэг бөөмөөс ялгагдахгүй учир тайвны энерги срдийн бөөмийнхтэй адил.

Бөөмийн бүх энерги нь тайван энерги ба кинетик энергийн нийлбэртэй тэнцүү. Үүнийг $E = m_0 c^2 + \frac{1}{2} m_0 v^2$ гэж илэрхийлэх ба энд v -бөөмийн орчинтойгоо харьцуулсан хурд. Бөөм хэдий чинээ хурдлах тутам кинетик энерги өсөж, улмаар ерөнхий энерги ч мөн өснө. Хурд өсөх тутам бөөмийн масс өснө, түүнийг тэр “таргалж байна” гэж хэлж болно. Бөөмийн хурд 100000 км/с-ээс их байвал тэр бөөмсийг релятив бөөмс гэж нэрлэдэг. Энэ тохиолдолд бөөмийн ерөнхий энергийг харьцангуйн тусгай онолоор гаргасан маш нарийвчилсан томъёогоор тодорхойлно:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2 = mc^2.$$

Эндээс бөөмийн масс нь түүний хурд v -ээс хамаарч байгааг тодоор харуулж байна. $v=0$ үед бөөм тайван төлөвтөө оршин байгаад хамгийн бага m_0 масстай болно. Хэрвээ хурд v асар их өсвөл v^2/c^2 ногдвор нэг рүү ойртоно. Энэ үед $(1-v^2/c^2)$ ялгавар тэг рүү ойртож бөөмийн ерөнхий энерги хязгааргүй руу дөхнө.



9-р зураг. Бөөм тайван төлөвтөө үндсэн энерги буюу тайвны энергитэй байна. Бөөм хөдлөхөөрөө кинетик энергитэй болно. Системд хамрагдаж байвал бөөмийн энерги нь холбоосын энергийнхээ хэмжээгээр багасна.

Ингэхлээр кинетик энерги гэдэг эгэл бөөмсийн “таргалалт” гэж ойлгож болно. Бөөмсийн мөргөлдөөн, цахилгаан орон, гравитацийн орон, хувьсах цахилгаансоронзон орон, бөөмсийн хурдасгуур, оддын дэлбэрэлт, цацрагт идэвхт задрал гэх мэт замуудаар бөөмс энергийг өөр бөөмсөөс олж авдаг.

Холбоосын энерги. Бөөм өөрийнхөө энергийг өсгөж болж байхад мөн түүнийг багасгаж чадна. Энэ үед бөөм массаа багасгаж байгаа хэрэг. Өөрөөр хэлбэл бөөм массаа гэж “турж” тайвны энергийг багасгаж байдаг. Энэ гурах процессыг бид массын дефект гэж нэрлэдэг ба тайвны энерги алдсныг *бөөмийн холбоосын энерги* гэдэг. Бөөм өөрийн орчиндоо өгсөн энерги. Эгэл бөөм өөр бөөмстэй систем үүсгэж байгаа тохиолдолд тэр өөрийнхөө тайвны энергийн хэсгийг чөлөөлж байна. Энэ хэсэг хэр зэрэг их байх нь харилцан үйлчлэлийн төрлөөс (цөмийн, цахилгаансоронзон ба гравитацийн) хамаарна.

Жишээлбэл, нүүрс, нефть, уран гэх мэт бодисуудын нэг килограмм нь $E_0 = 1 \text{ кг} \cdot 9 \cdot 10^{16} \text{ м}^2/\text{с}^2 = 9 \cdot 10^{16} \text{ Ж} = 25000000000 \text{ кВт} \cdot \text{цаг}$ гэсэн тайвны энергийг агуулдаг. Ямар замаар эдгээр хүч тайвны энергийг бодисоос чөлөөлж чадахыг авч үзье.

Химийн урвал бүр молекул дахь атомуудын дахин хуваарилалт юм. Атомуудын хоорондох цахилгаансоронзон харилцан үйлчлэлээр

дээрх урвал явагдана. Бүх амьд организм амьсгалах үедээ агаараас хүчилтөрөгчийг, хооллох үедээ органик молекулуудад холбогдсон нүүрстөрөгч ба устөрөгчийг авдаг. Нүүрстөрөгч ба устөрөгчийг исэлдэх үед организмд чухал шаардлагатай энерги ялгардаг. Үүнтэй төстэйгөөр нүүрс, бензин, мод буюу түлшний бусад бодисууд шатах (исэлдэх) нь бодисоос энерги гарган авч байгаа нэг арга юм. Гэхдээ энэ бол тийм ашигтай арга биш. Жишээлбэл, нэг килограмм нүүрснээс ойролцоогоор 5000 ккал буюу 5 кВт-цаг энерги ялгардаг. Нэг килограмм матери (нүүрсийг оруулаад) 25 тэрбум кВт-цаг энерги агуулж байдаг. Иймд шатах процесс энергийн тэрбум хуваасны нэгийг гаргаж, тайвны үлдсэн энерги үнс ба утаанд үлддэг байна. Цөмтэй электроныг нэгдүүлэх ба талстад молекул нэгдүүлэх процесс цахилгаан соронзон хүч гаргадаг ч мөн ашигтай биш.

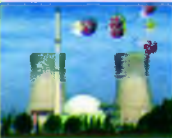
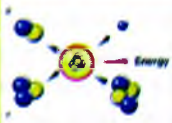
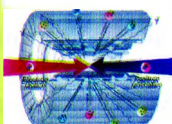
Цөмийн хүч цахилгаан соронзон хүчнээс харьцангуй их хүчтэй, иймд энэ хүч цахилгаансоронзон хүчнээс сая дахин их энергийг материас чөлөөлдөг. Атомын цахилгаан станц ураны тайвны энергийн мянганы нэг хувийг ойролцоогоор гаргадаг. Оддын цөмд устөрөгчийг төмөрт хувирах үед устөрөгчийн тайвны энергийн нэг хувийг л ялгаруулдаг.

Гравитацийн хүч энерги чөлөөлөхөд ашигтай ч тэр маш их массыг агуулсан сансрын биетүүдэд байдаг. Гравитац материас түүний тайвны энергийг нь бараг тал хувийг нь шахаж чадна. Дэлхий харьцангуйгаар бага масстай бие учраас гравитацийн хүчний тусламжтайгаар их энерги гаргаж авч чадахгүй.

10-р зурагт бодист байгаа тайвны энергийг нь чөлөөлөх бас нэг аргыг үзүүлээ. Энэ бол бөөмс антибөөмстэй буюу бодис антибодистой нэгдэх процесс “аннигиляц” юм. Их орон зай дахь аннигиляц нь Орчлон үүсэх анхны шатанд чухал байр эзэлж байжээ.

Орчлонд тайвны масстай (протон, нейтрон, электрон) бөөмсийг бодвол фотонууд хоёр тэрбум дахин олон байдаг. Цаашдаа тайвны энергитэй эгэл бөөмийг “бөөм” гэж ойлгоод, “фотон” ба “бөөм” гэж товчлон тэмдэглэе. Орчлон бөөмс ба фотонуудаас тогтдог учраас тэд бүрдүүлэгч болно, тэдгээрийн хооронд үргэлж энерги солилцож байдаг. Бодис үргэлж энерги цацруулж байхад нэгэн зэрэг бас түүнийг шингээж байдаг. Сансрын огторгуйд энерги янз бүрийн хэлбэрээр өөрчлөгдөж байдаг гэхдээ энерги устан алга болохгүй бөгөөд юунаас ч бий болохгүй, харин энергийн тоо үргэлж тогтмол өөрчлөгдөхгүйгээр үлддэг. Энэ чухал шинж чанарыг энерги хадгалагдах хууль гэж нэрлэдэг. Энэ хууль ёсоор хүрээлэн буй орчны энергийн аль нэг хэлбэр

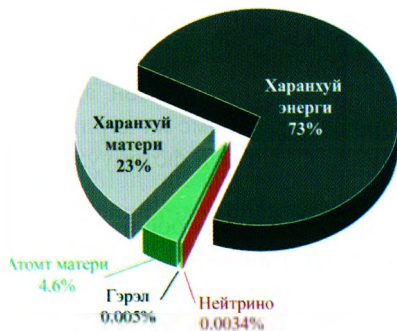
нь энергийн өөр нэг хэлбэрээс үүсэж байна гэсэн үг. Эцэст нь Дэлхийг тээх ба түүний гадна орших энергийн хэлбэр бүр маш сонирхолтой жил явц бөгөөд энэ нь Орчлонгийн хувьсал, бүтэцтэй гүн гүнзгий холбоотой юм.

Цахилгаансоронзон хүчний ашиглалт 0.0000001%		Цахилгаансоронзон хүчний алдагдал 99.999 999 9%
Цөмийг задлах хүчний ашиглалт 0.1%		Цөмийг задлах хүчний алдагдал 99.9%
Хөнгөн цөмийг нийлүүлэх хүчний ашиглалт 0.9%		Хөнгөн цөмийг нийлүүлэх хүчний алдагдал 99.1%
Таталцлын энергийн ашиглалт 50%		Таталцлын энергийн алдагдал 50%
Аннигляцийн ашиглалт 100%		Аннигляцийн алдагдал 0%

10-р зураг. Тайвны энергийг чөлөөлөх нь. Зүүн хэсэгт тайвны чөлөөлөгдсөн энергийн тоог, баруун хэсэгт алдагдлыг хувиар үзүүлэв.

Харанхуй энерги. Энэ энерги нь Орчлон эерэг хурдатгалтай гэлж байгааг нотолсон нь харанхуй энергийн тухай ярихад хүргэж байна. Харанхуй энерги оршин байх нь: нэг талаас харанхуй энерги бол сансрын тогтмол, энэ нь Орчлонгийн орон зайг жигд дүүргэсэн тогтмол нягттай энерги буюу өөрөөр хэлбэл, вакуумын даралт ба энерги тэг биш, нөгөө талаас харанхуй энерги бол динамик орон, гүүний энергийн нягт нь орон зай ба хугацааны хувьд өөрчлөгдөж байдаг гэсэн хоёр хувилбар байна. 2013 оны байдлаар найдвартай

мэдэгдэж буй ажиглалтын дүнгүүд эхний хувилбартай зөрчилдөхгүй байна. Хоёр хувилбарын аль нь зөв болохыг Орчлонгийн тэлэх хурд (хугацаанаас хамааран өөрчлөгдөж байгаа)-ыг маш нарийн хэмжихийг шаарддаг. Орчлонгийн тэлэх эрчим нь төлөв байдлын сансрын тэгшитгэлүүдээр тайлбарладаг. Харанхуй энерги нь Орчлонгийн нуугдмал массын ихэнх хэсгийг бүрдүүлэх ёстой байна. 1990-ээд оны сүүлчээр алслагдсан галактикуудын гэрэлтэлт Хабблын хуулиар тооцоолсноос доогуур байлаа.



11-р зураг. Орчлонгийн энергийн бүрэлдэхүүн. НАСА-гийн сансрын аппарат WMAP-ийн хэмжилт.

Энэ нь тэдгээр галактикууд хүртэлх зай нь стандарт аргынхаас их болов. Эндээс Орчлон зөвхөн тэлээд зогсохгүй эерэг хурдатгалтай тэлж байна гэсэн дүгнэлтэд эрдэмтэд хүрсэн

юм. Хурдатгалтай тэлж буйг гэрчилсэн шинэ ажиглалтын үндсэн дээр сөрөг даралттай энергийн үл мэдэгдэх хэлбэр байгааг харуулж байна. Үүнийг харанхуй энерги гэж нэрлээд, энэ нь “үл мэдэгдэх массын асуудал”-ыг шийдвэрлэх юм. 7 жил аялсан WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) хиймэл дагуулаас авсан Орчлонгийн реликтив цацрагийн хэмжилт нь Орчлонгийн хэлбэр бараг хавтгай шиг байгааг баталж байна, Орчлонгийн нягт хэрхэн бүрэлдэн тогтож байгааг 11-р зурагт үзүүллээ. Харанхуй энерги оршин байх мөн чанар нь хараахан тайлагдаагүй байна.

Бөөмсийн устгах чанар ба биежих чадвар

Протон ба электрон нь тогтвортой бөөмс. Ихэнх антибөөмс богино хугацаанд аяндаа өөрөө задардаг байхад антипротон ба позитрон (антиэлектрон) нь задардаггүй. Протон ба электрон нь зөвхөн антипротон ба позитронтой мөргөлдөх тэр агшинд алга болно. Энэ үед аннигиляцийн процесс болж, түүний үр дүнд хоёр бөөмс гамма-фотон руу хувирна. “*nihil*” хэмээх латин үг нь “огт үгүй” гэдэг утга илэрхийлдэг учир аннигиляц нь “устана” гэсэн санааг илэрхийлнэ. Угтаа устгах тухай биш хувирах тухай санаа агуулж

байгаа юм. Тайвны энергитэй бөөмс тайвны массгүй фотонд хувирч байгаа билээ. Энергийн нийт хэмжээ энэ үед огт өөрчлөгдөхгүй. Мөн түүнчлэн цахилгааны, барионы, лептоны цэнэгүүд болон бусад хэмжигдэхүүнүүд хадгалагдана. Аннигиляцийн зарим жишээнүүдийг авч үзье.

1. Электрон ба позитроны аннигиляц ($e^- + e^+ \rightarrow 2\gamma$) нь 1/2 МэВ энергитэй (электрон, позитроны тайвны энергитэй) хоёр гамма-фотон (грекийн γ гамма үсгээр тэмдэглэдэг) үүсгэдэг (12а-р зураг).

2. Протон ба антипротоны аннигиляц ($p + \bar{p} \rightarrow 2\gamma$) нь 938 МэВ энергитэй хоёр γ -фотон үүсгэнэ, энд $\bar{p}$ -антипротон. Энэ энерги нь протон эсвэл антипротоны тайвны энерги юм (12б-р зураг).

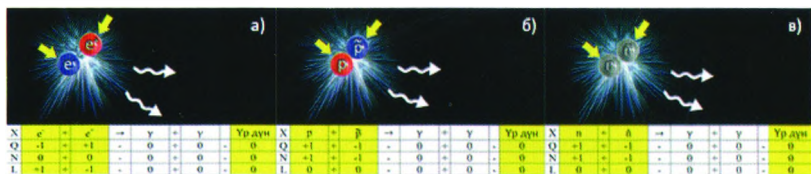
3. Нейтрон ба антинейтроны аннигиляц ($n + \bar{n} \rightarrow 2\gamma$) мөн адил 939,5 МэВ энергитэй хоёр γ -фотон үүсгэнэ. Хэрвээ бөөмс их хурдтай бол түүний нийт энерги тайвны энергиэс их, үүсэж буй фотонуудын энерги ч их байна (12в-р зураг).

Дэлхий ба Нар протон, нейтрон, электрон буюу бодисоос тогтоно. Антибөөмс бөөмстэй анх учирсан үедээ шууд л аннигиляцид ордог учраас бодис ба антибодис хоёр зэрэгцэн оршиж чадахгүй. Иймд антипротон, позитрон, антинейтрон маш богино амьдрах настай. Гэхдээ бидэнд сансрын уудамд антибодис хаана хэрхэн оршдогийг мэдэхгүй л байна. Бидэнд ирж байгаа фотонуор антибодисыг илрүүлэх боломжгүй, өөрөөр хэлбэл ердийн бодисоос цацарсан, антибодисоос цацарсан фотонууд хоорондоо огт ялгагдахгүй.

Биежих (материалжих) нь аннигиляцын эсрэг процесс. Хамгийн энгийн жишээ бол хэрвээ 1 Мэв энергитэй гамма фотон атомын цөмтэй маш ойрхон нисэн өнгөрөхөд электрон ба позитрон болон хувирдаг. $\gamma \rightarrow e^- + e^+$ задралын үр дүнд биежих процесс явагдаж байна. Энд цахилгаан цэнэггүй гамма фотон эерэг ба сөрөг цэнэгтэй бөөмс болгон задарсны үр дүнд цахилгаан цэнэг хадгалагдаж байна. Мөн барионы ба лептоны цэнэгүүд ч хадгалагдана. Фотоны энерги үүссэн хоёр бөөмсийн тайвны нийлбэр энергиэс их байвал илүүдэл энерги нь кинетик энерги болон хувирсан гэсэн үг. Сансраас нисэн ирж буй протоны энерги өөрийнхөө тайвны энергиэс их наяд дахин их байдаг учраас Дэлхийн агаар мандалд олон тооны бөөмсийг асар их хэмжээгээр үүсгэдэг.

Алс холын гийчин болох их энергитэй эдгээр протон Дэлхийн агаар мандал дахь азот ба хүчилтөрөгчийн цөмтэй мөргөлддөг. Энэхүү мөргөлдөөний дүнд цөм задарч протоны асар их энерги төрөл бүрийн бөөмс, антибөөмс (барионууд ба антибарионууд, лептонууд

ба антилептонууд, мезон, фотонууд) үүсэх бололцоог олгож *сансрын туяаны бороо* үүсгэж, том хэмжээний орчинд биежих үйл явц болж байгаагийн жишээ юм.



12-р зураг. Электрон позитронтой, протон антипротонтой ба нейтрон антинейтронтой аннигиляцид орж гамма фотонууд цацаргадаг.

Тэгвэл газар дээрх бөөмсийн хурдасгуур дээр бөөм биетээр үүсдэг. Жишээлбэл устөрөгчөөр дүүргэсэн камер дотор хурдасгасан протоныг тусгахад тэр протон протонтой мөргөлдөөд өөрийнхөө кинетик энергийг нейтрон, антипротон ба мезон болгон хувиргадаг. Түүний урвал $p + p \rightarrow p + p + n + \bar{p} + \pi^+$. Энэ үед цахилгаан цэнэг $(++=++0-+)$ ба барионы цэнэг $(++=+++ -0)$ хадгалагдаж байна.

Бодис бол эгэл бөөмсийн бүлэглэл

Бодис бол электрон, нейтрон ба протоны олонлогийн нэгдэл мөн. Эдгээрт эмх журам тогтоох албагүй. Тэд бие биенээсээ үл хамааран чөлөөтэй, “өөрийн аюул ба эрсдэл”-ийг хүлээн хөдөлдөг. Жишээлбэл, Орчлон үүсэхэд халуун хайлмаг, нягт бодис зөвхөн эгэл бөөмсөөс тогтож байсан. Тэгвэл, нам температур, бага нягттай үед бөөмс энгийн системийг, өөрөөр хэлбэл цөм, атом, молекул ба кристалл гэх мэт системийг үүсгэх хандлагатай байдаг.

Эгэл бөөмс энгийн систем рүү шилжих нь бөөмс хоорондох цөмийн болон цахилгаан хүчний харилцан үйлчлэлийн үр дүн юм. Энэ хүчнүүд үргэлж тэнд бий. Протон ба нейтрон цөмийн хүчээр хангагддаг бол протон ба электрон цахилгааныхаар. Бодис доторх эгэл хэсгүүдийн хоорондох хүчний үйлчлэл нь тэдгээрийн хоорондох зай ба бодисын нягтаар нөхцөлдөх боловч бодис дахь бөөмсийн хурд, түүний температураас хамаарна. Өөрөөр хэлбэл, ямар нэгэн бодисын ажиглагдаж байгаа шинж чанар түүний нягт ба температураас хамаарах болно.

Бодисыг халаах. Бодисыг халаах гэдэг түүний бөөмсийн кинетик энергийг өсгөж байгаа юм. Хэрвээ бид цасан ширхэг буюу

усны талстуудыг халаах бол түүний талст бүтэц эвдэрч бодис хатуу төлөвөөсөө шингэн төлөвт шилжиж байна. Усны молекулуудын хоорондох зай тийм их биш, энэ хэмжээ талст дотор ч тийм хэмжээгээрээ байдаг.

Хүрэлцэхүйц их хүчээр молекулууд нэг нь нөгөөтэйгөө таталцаж байдаг учраас шингэн тэлж чаддаггүй. Гэвч молекулын дулааны хөдөлгөөн нь тэдгээрийн харилцан хөдөлгөөн, шилжилтийг бий болдог. Тэд талст доторх шиг хөдөлгөөнгүй байдаггүй. Халаалтыг ихэсгэвэл усны молекулын хөдлөх хурд ихэснэ. Шингэн доторх зэргэлдээ молекулуудын таталцлыг тэд хурдан даван туулж, түүнээс сална. Ууршилтын үр дүнд шингэн хийн төлөвт шилжинэ. Молекулын дулааны хөдөлгөөн таталцлын хүчийг бүрэн давна. Хийн молекулууд бусад молекулуудаас үл хамааран хөдөлж, тэр хөдөлгөөн нь эмх замбараагүй, санамсаргүй хөдөлгөөний шинжтэй болно. Иймд хий тэлэх чиг хандлагатай болно. Молекулууд нэг нь нөгөөтэй мөргөлдөж, мөргөлдөөний үед хөдөлгөөний чиглэл, хурд өөрчлөгдөнө.

Хэрвээ бид хийг халаахаа үргэлжлүүлбэл молекулууд их хүчтэй мөргөлдөж эхэлнэ. Хүрэлцэхүйц өндөр температурт мөргөлдөөн эрс ширүүсэн, молекулууд мөргөлдөөний үр дүнд тусгаар атомуудад задарна. Молекулын кинетик энерги нь түүний атомуудын хоорондох холбоос энергигэс давна. Молекул атомд задрах энэ задралыг дулааны диссоциац гэж нэрлэнэ.

Усыг хоёр мянгаас дээш хэмээр халаавал устөрөгч ба хүчилтөрөгч болон сална. Молекуляр бүтэц эвдэрч устөрөгч ба хүчилтөрөгчийн холимог болон хувирч байна. Хийг цааш мянган кельвинээр нэмж халаах үед атомууд улам түргэн хөдөлнө. Тэд нэг нь нөгөөтэйгөө өөрийнхөө электронон бүрхүүлээрээ мөргөлдөнө. Арван мянган Кельвинээс дээш хэмд энэ мөргөлдөөн маш эгзэгтэй болж атомаас электронууд салж эхэлнэ. Мөргөлдөөний өмнө саармаг (өөрөөр хэлбэл бүрхүүл дэх электроны тоо цөм дэх протоны тоотой тэнцүү) байсан атомуудын электрон бүрхүүл бүтэн биш болон хувирна. Тэр бүтэн биш атом буюу нэг эсвэл хэд хэдэн электрон хүрэлцэхгүй болсныг ион гэж нэрлэнэ. Ион эерэг цэнэгтэй, учир нь цөм дэх протоны тоо бүрхүүл дэх электроны тооноос олон байна. Маш өндөр температуртай хийд олон тооны эерэг ионууд, чөлөөт электронууд хөдөлж байдаг. Хэсэгчилсэн ба бүрэн иончлогдсон ийм хийг плазм хэмээн нэрлэнэ. Од бол асар том плазман бөмбөлөг билээ.

Плазмд электронуудын кинетик энерги нь түүний атом дахь холбоосын энергигэс их байдаг. Иймд атомууд ион ба электрон болон

задардаг. Хэрвээ плазмыг үргэлжлүүлэн халаавал атомууд нь атомын цөмүүд ба чөлөөтэй электронууд болон бүрэн задарч байдаг. Олон тэрбум Кельвин температуртай плазмын дотор мөргөлдөөн хүчтэй болж атомуудын цөм салангид нуклонууд болон задрах процесс явагдана. Энэ үед бөөмсийн кинетик энерги атомын цөм доторх нуклонуудын холбоос энергисэ маш их. Тийм бодисыг нуклонон хий гэж нэрлэдэг. Тэр хий эрчимтэй хөдөлж байгаа протон, нейтрон ба электроноос тогтох ба масс ихтэй оддын хувьслын эцсийн төлөвт ажиглагддаг. Гравитацийн үйлчлэлээр од агшин бөөгнөрч олон тэрбум Кельвин температурт хүрч халдаг юм.

Эцэст нь дүгнэхэд материйн температурыг ихэсгэх тутам улам энгийн хэлбэр болох чөлөөт байдалтай, хурдан хөдөлгөөнт эгэл бөөмс рүү шилжиж байна. Ямар ч цөмгүй, ямар ч атомгүй, ямар ч молекулгүй тийм бүтэц байхгүй.

Бодисыг шахах. Хэрвээ бодисын нягт өсөж байвал нэг шоо сантиметр дэх бөөмсийн тоо олширч, нэг нь нөгөөтэйгөө тогтмол ойртож байна. Од хоорондын орчинд 1 см^3 эзлэхүүнд нэг бөөм оногдож байхад бидний амьсгалж байгаа агаарт арван их наяд (10^{19}) бөөмс байдаг. Цагаан одой хэмээн нэрлэдэг оддын 1 см^3 -д 10^{27} бөөмс, ер бусын нягт бүхий нейтронон оддын 1 см^3 -д 10^{35} -ээс олон бөөмс тоологдож байна. Нягтыг ихэсгэх буюу бодисыг шахах үед ажиглагдах шинж чанарыг авч үзье.

Хэрвээ бид устай хувинг хуруувчинд багтаасан гэж бодъё. Усны молекулууд түүн дотор чихэлдэж, электронууд нь ямар атомд харьяалагдаж байснаа мэдэхгүй болж устөрөгч ба хүчилтөрөгчийн атомуудын дунд замбараагүй ниснэ. Ийм өндөр нягттай нөхцөлд электрон, протон ба нейтронууд ердийн усныхаас олон мянга дахин болсон юм шиг 1 см^3 эзлэхүүнд тоологдоно. Энэ “чихцэлдээнд” атомууд электронан бүрхүүлтэй байх боломжгүй бөгөөд электронууд өндөр температурын нөхцөлд байгаатай адилаар бүрхүүлээсээ чөлөөлөгдөн гарна. Ингэж электрон чөлөөлөгдөж байгаа нь зөвхөн өндөр даралтын нөлөө учраас нам температурт ч энэ үзэгдэл явагдана.

Чөлөөт электронууд тодорхой цөмд харьяалагдахгүй учир материйн бүх цөмүүдийн нийтийн өмчлөлд орно. Ийм матери иончлогдсон плазмтай төсөөтэй. Яг энэ чөлөөт электронууд бидэнд маш их сонирхол татаж байна. Электрон фермион учраас “галт тэрэгний хоёр суудалтай нэг тасалгаанд” ижилхэн хурдтай, эсрэг чиглэлд эргэлдэгч (харилцан эсрэг спинтэй) хоёр л электрон маш бага огторгуйд оршин тогтнох ба энэ зарчмыг Паулийн зарчим гэж

нэрлэдэг. Хэзээ нэгэн цагт манай Нар хөгжлийн төгсгөл үедээ очиж маш жижигхэн цагаан одой болж, түүний хэмжээ Дэлхийнхтэй тэнцээд нягт нь 1 см^3 -д сая орчим грамм болох юм. Энэ үед Нарны плазм мөхмөл бодисын төлөвт хувирна. Цагаан одой бол “одны хөгшрөлт” бөгөөд өмнөх амьдралын халуун цөмийн урвалын үр дүнд хуримтлуулсан нөөц энергиэр амьдардаг од юм. Хэрвээ бид энэ мөхмөл бодис буюу цагаан одойн хэсгийг цаашид улам шахвал нягт улам ихэснэ. Энэ үед цөм дэх протонууд, электронуудын нийт энерги нь нейтроны энергитэй тэнцэнэ. Электрон протонтой нэгдээд нейтрон болно. Нягт улам ихсэх тутам электронуудын нийлбэр энерги өсөөд, электрон мөн протонтойгоо нэгдээд нейтрон үүсгэхийн зэрэгцээ энерги чөлөөлөгдөнө. Нейтрон тогтвортой бөөм болно, хэрвээ тэр протон ба электрон болон задрах гэвэл асар их энерги хэрэгтэй. Иймд чөлөөт электрон протонтой нэгдээд нейтронд хувирч байгаа энэ процессыг *нейтронжих* гэж нэрлэдэг. Энэ үед нягт 10^8 г/см^3 буюу 1 см^3 эзлэхүүнд зуун тонноос хэтэрч бодис *нейтронон хий* болон хувирна. Энэ нөхцөлд атомын цөм оршин тогтнохоо больж, бүх протонууд, нейтронуудад хувирна. Нейтронон хийнээс *пульсарууд* тогтоно. Нейтронон хийг 10^{15} г/см^3 (1 см^3 -д тэрбум тонн) нягтад хүргэвэл гипернон хийг гарган авч болох юм. Гипернон хийгээ шахвал ямар бодис гаргах нь одоохондоо тодорхойгүй байна. Тийм бодис Орчлонд, хар нүхэнд оршиж байж болно. Хар нүхнээс нэг ч бөөм, нэг ч фотон гарахгүй учраас тэр ямар шинжтэй бодисоос тогтож байгааг мэдэх бололцоогүй юм.

Өндөр температур ба их нягттай үед матери чөлөөт эгэл бөөмсийн хэлбэрээр оршин байх нь. Дэлхий дээр температур ба нягт бага учраас эгэл бөөмс эрэмбэлэгдсэн системд оршин тогтоно. Бага температур, нягтын ачаар Дэлхий дээр амьдрал оршин тогтнож байна.

Орчлонгийн эхлэл

Орчлон тэлж эхэлсэн тэр агшнаас түүний эхлэл гэж үздэг билээ (13-р зураг). Түүнийг “Их тэсрэлт” буюу англиар “Big Bang” гэж нэрлэж байна. Орчлонгийн тэлэлтийн үед эгэл бөөмс ба фотоны тоо нь өсөн тэлж байгаа эзлэхүүнд тогтмол байна гэж үздэг. Орчлонгийн дундаж нягт тэлэлтийн улмаас аажмаар буурна. Ойролцоогоор арван дөрөв орчим тэрбум жилийн өмнө орчлонгийн нягт маш их байлаа. Үүнээс гадна температур маш өндөр байлаа, хэдий өндөр ч цацрагийн нягт бодисын нягтаас давсан байжээ. 1 см^3 -д агуулагдах бүх фотоны энерги нь 1 см^3 эзлэхүүнд агуулагдах бүх бөөмсийн энергийн (mc^2) нийлбэрээс их байлаа. Их тэсрэлтийн эхний агшинд бүх матери хүчтэй

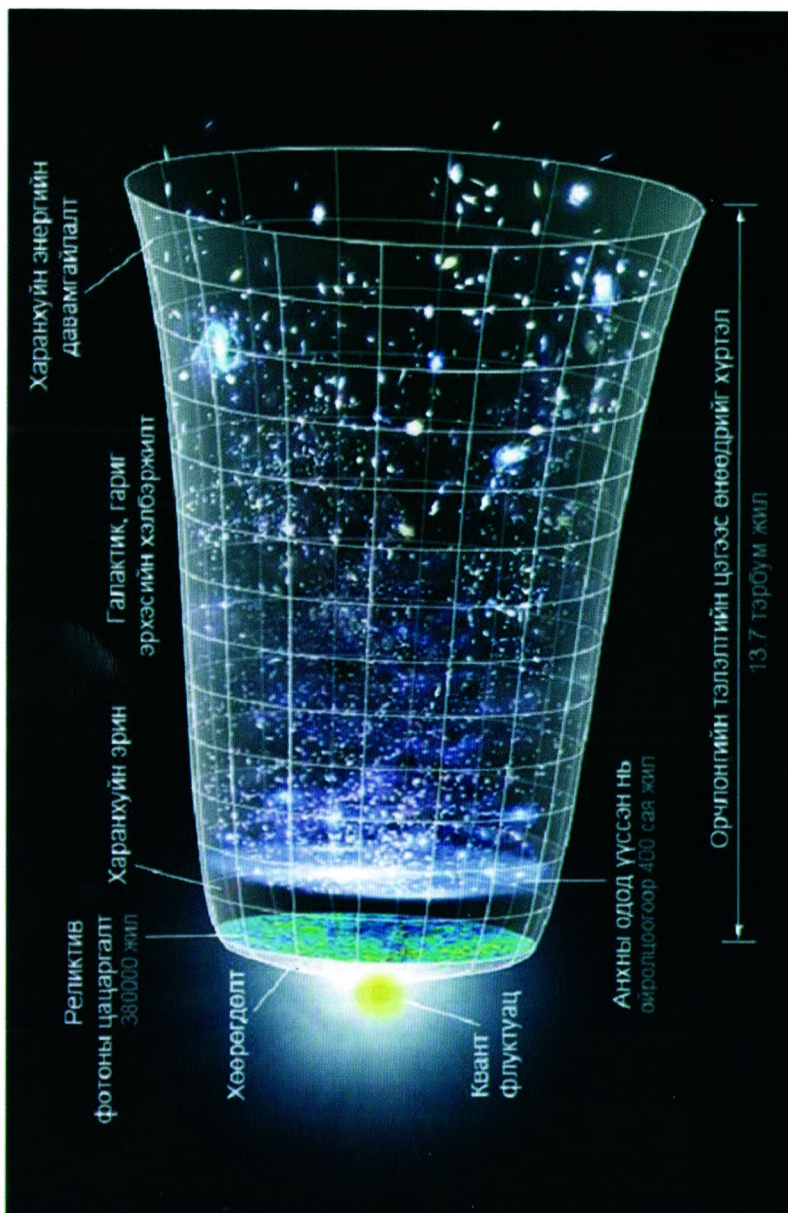
хайлсан, бөөмс, антибөөмсийн ба өндөр энергийн гамма-фотоны өтгөн бөөн холимог байсан. Тэр үед бөөмсийн энерги өнөөдрийн дэлхий дээр хурдасгаж байгаа хурдан бөөмийн энергиэс олон дахин давсан байжээ. Бөөмс харгалзагч антибөөмстэй аннигиляцад орж гамма фотон үүсгэсэн бөгөөд тэр нь хоромхон зуур бөөмс ба антибөөмс болон хувирна. Үүнийг тоймлон бичвэл: $\text{бөөм} + \text{антибөөм} \rightleftharpoons \text{гамма фотон}$, дээд талын сум аннигиляцыг, доод талынх бодит бөөмс болж байгааг тэмдэглэж байна.

Судалгаанаас үзэхэд Орчлонгийн температур дараах энгийн хамаарлаар буурсаар ирсэн. Энгийн энэ хамаарал нь: $T = 10^{10} / \sqrt{t}$ гэж томъёолж болно. Энэ хамаарлаас $t = 10^{-4}$ с үед $T = 10^{12}$ К буюу их наяд температуртай байсан байна.

Хувьслын эхний шатандаа байсан Орчлонгийн нууцыг мэдэхэд тус болох нэг чухал хамаарал бол $h\nu = kT$ зүүн талын хэсэг нь секундэд ν дахин хэлбэлзэх фотоны энерги, h бол Планкийн тогтмол ($h = 6.62 \cdot 10^{-34}$ Ж·с = $3.92 \cdot 10^{-15}$ эВ·с). Баруун талд байгаа илэрхийлэл Больцманы тогтмол k ($k = 1.38 \cdot 10^{-23}$ Ж/К = $8.17 \cdot 10^{-5}$ эВ/К) ба температур T -ын үржвэр. Энэ илэрхийлэл T температуртай бодис доторх бөөмсийн дундаж энергийг тодорхойлж байгаа ба хайлмал бодис дахь фотоны энерги нь бөөмс ба антибөөмсийн энергитэй тэнцүү байгааг үзүүлж байна.

Орчлонгийн эхний үед хайлмал материйн нягт, температур хугацаа өнгөрөх тутам буурна мөн бөөмийн дундаж кинетик энерги kT ч доошилно, бас фотоны энерги $h\nu$ багасна. Орчлонгийн энэ агшинд бөөмс ба антибөөмс фотонуос үүснэ, тухайн процесс аажмаар суларч, бөөмс ба антибөөмс мөхөж эхэлнэ. Аннигиляц дурын температурт явагдана. Харин фотонуос бөөмс ба антибөөмс үүсэн бодит болох нь хүрэлцэхүйц өндөр температурын орчинд явагдана. Хайлмаг бодисын температур доошлох тутам бөөмс бодитоор үүсэх зогсож, Орчлонгийн хувьсал нь **планкийн, их нэгдлийн, хөөрөгдөлтийн, цахилгаансул, кваркийн, адроны, лептоны, протоны** ба **бодисын** буюу **одны** гэсэн эринүүдэд хуваагдана. Орчлонгийн температурыг Кельвин (К)-ээр, нягтыг г/см³-ээр, 1 см³ эзлэхүүн дэх бөөмсийн энергийг эрг/см³-ээр, цацаргалтын нягтыг эрг/см³-ээр илэрхийлдэг.

Планкийн эрин. Орчлонгийн бидэнд ажиглагдаж буй хамгийн эртний эрин. Энэ эриний үед Орчлонгийн бодис нь $\sim 10^{19}$ ГэВ энергитэй, $\sim 10^{94}$ г/см³ нягттай, $\sim 10^{32}$ К температуртай байсан ажээ.



13-р зураг. “Их тэсрэлт”-ээс хойш өнөөдрийг хүртэлх Орчлонгийн хувьслын тойм.

Эртний Орчлон энергийн ер бусын өндөр нягт, температуртай дээд зэргийн нэгэн төрөл орчин байлаа. Тэлэлт ба хөрөлтийн үр дүнд хий шингэнд шилждэгтэй адилхан фазын шилжилтүүд явагдсан. Энэ эрин дөнгөж “Их тэсрэлт”-ийн дараа 10^{-43} сек хугацаанд үргэлжилсэн. Энэ эриний дараа гравитацийн харилцан үйлчлэл бусад үндсэн үйлчлэлүүдээс салан одсон.

Их нэгдлийн үе. Орчлонгийн хөгжлийн 2-р үе. Материйн нягт 10^{92} г/см³, харин температур 10^{32} К байсан эгшин буюу хугацаа $\sim 10^{-43}$ секундээс эхлэн энэ эрин экспоненциал хуулиар тэлж, масс, жин, өнгө үнэр амт гэх мэт физик хэмжигдэхүүнүүд ямар ч ач холбогдол утгагүй байжээ. Энэ эрин “Их тэсрэлт”-ийн үеэс 10^{-34} с хугацаа өнгөрөх үед дуусч, энэ эгшинд материйн нягт 10^{74} г/см³, температур 10^{27} К, харгалзах энерги нь 10^{14} ГэВ болоод, хүчтэй цөмийн харилцан үйлчлэл ялгаран салж эхэлсэн ба энэ салалт Орчлон дахь бодисын нягт ба тархалтыг мэдэгдэхүйц өөрчлөлт оруулсан, Орчлонгийн хөөрөгдөлт (инфляци)-ийн тэлэлтэд хүргэсэн фазын шилжилт явуулжээ.

Хөөрөгдөлтийн эрин. “Их тэсрэлт”-ийн дараа 10^{-35} секундээс 10^{-32} секундийн хооронд цацаргалтаар дүүрсэн Орчлонд кварк, электрон ба нейтрино үүсч эхэлжээ. Энэ эриний эхэн үедээ үүсч төрсөн кваркууд фотоноос энерги аваад маш хурдан задарч байлаа. Орчлон маань хөрөлт ба халалтын процесс ээлжлэн солигдож байсан нь гарцаагүй. Энэ үе дууссаны дараа Орчлонгийн тулгуур материал нь кварк-глюоны плазмын төлөвт шилжсэн. Хугацаа өнгөрөх тусам (10^{-35} - 10^{-31} с) кварк, глюонууд адрон болж хувирсан фазын шилжилт явагджээ. Цаашаа температур буурах тутам дараагийн фазын шилжилт болох орчин үеийн ажиглагдаж байгаа эгэл бөөмс үүсжээ. Энэ эриний дараа цахилгаансул үйлчлэлийн эрин, кваркийн эрин, адроны эрин, лептоны бүр цааш нуклесинтез (нуклеонэгдэл)-ийн эринд хүргэсэн. Орчин үеийн сансар судлалын үндэс болсон харьцангуйн ерөнхий онолд ч бас Стандарт онолын хүрээнд ч тайлбарлаж чадаагүй байгаа барионы ассиметр (тэгш бус чанар) гэсэн асуудал байгаа. 2010 онд энэ ассиметрийг харанхуй матери байгаатай уялдаа холбоотой гэж үзэж байна.

Цахилгаан сул үйлчлэлийн эрин. “Их тэсрэлтийн”-ийн дараа 10^{-32} секундээс 10^{-12} секунд хүртэлх хугацаанд Орчлонгийн температур бас л асар их байжээ. Ингээд цахилгаансоронзон ба сул үйлчлэлүүд яг л нэг үйлчлэл шиг үйлчилж байлаа. Асар өндөр энергийн ачаар W-бозон, Z-бозон ба Хиггс бозон шиг экзотик бөөмсийн цуваа үүсэн төрсөн юм.

Кваркийн эрин. Мөн “Их тэсрэлт”-ийн дараах 10^{-12} секундээс 10^{-6} секунд хүртэлх хугацаанд гравитац, хүчтэй, цахилгаансоронзон, сул үйлчлэлүүд өнөөдрийн төлөв төрхөндөө оржээ. Температур ба энерги бас л их байснаас кваркууд адрон руу нэгдэж байжээ.

Адроны эрин. “Их тэсрэлт”-ээс 10^{-6} секундээс 1 секунд хүртэлх хугацаанд кварк-глюоны плазм хөрөөд, кваркууд нь адрон руу шилжиж, протон ба нейтроныг төрүүлжээ. “Их тэсрэлт”-ийн дараах 1 сек-ийн агшинд нейтрино суллагдан цацагдсан ба огторгуй орон зайд чөлөөтэй зугаалж байв. Өнөөдөр ажиглаж буй эдгээр бөөмс яг л хэзээ хойно мэдэгдсэн реликтив цацраг шиг үүрэг гүйцэтгэсэн.

Лептоны эрин. “Их тэсрэлт”-ийн үеэс 1 секундээс 3 минут хүрэх хоромд адроны эринд байсан адронуудын ихэнх нь антиадронуудтайгаа аннигиляци буюу нэгдэцгээн, нэг нь нөгөөтэйгээ харилцан усталцаж, Орчлонд давамгайлах масстай болсон лептонууд ба антилептонуудын хос болон үлдэцгээсэн. “Их тэсрэлт”-ийн дараа ойролцоогоор 3 с болоход лептонууд үүсч, чадваргүй нөхцөлийг бүрдүүлсэн температур бүхий үед хүрчээ. Лептон ба антилептонууд өөр хоорондоо нэгдэж, Орчлонд лептонууд үл ялиг тоогоор үлдсэн байв. “Их тэсрэлт”-ийн дараа ойролцоогоор 1 с орчим матери тогтвортой нуклон үүсгэхэд хүрэлцээтэй болтол хөрсөн ба анхны нуклеосинтез (нуклонууд нэгдэх)-ийн процесс явагдаж эхлэв. Орчлонгийн нас 3 минут хүртэл энэ процесс үргэлжилсэн ба энэ хугацаанд одны бодисын анхны бүрэлдэхүүн үүссэн: гелий-4 25 %, дейтери 1 %, бор хүртэлх хүнд элементүүдийн ул мөр байсан, үлдсэн бүх элемент нь устөрөгч байлаа.

Протоны эрин. “Их тэсрэлт”-ийн үеэс 3 минутаас 380000 жил хүртэлх хугацаанд энэ эрин хамрагдана. Гелий, дейтери, литий гэсэн нуклеосинтез явагдаад, бодис 70000 жил үргэлжилсэн цацаргалтаас давамгайлсан нь Орчлонгийн тэлэх горимд өөрчлөлт оруулсан. 380000 жил гэхэд устөрөгчийн дахин өөрчлөлт явагдсан ба Орчлон дулааны цацаргалтын фотонуудаар дүүргэгдсэн. Орчлонгийн цаашдын тэлэлт ба температурын бууралт нь гравитацийн хүч голлох дараагийн шилжилтийн үед хүргэсэн. Орчлон аажмаар хөрөөд, 379000 жилийн Орчлонгийн нас хүрэхэд атомууд үүсэхэд (3000 K) хүрэлцээтэй хүйтэн болжээ. Ингээд плазмын төлөвөөс матери нь хийн төлөвт шилжсэн. Энэ үеийн дулааны цацаргалтыг реликтив цацраг цацраг хэлбэрээр шууд ажиглаж болно.

Орчин үеийн харанхуй энерги гэсэн ойлголт нь Орчлон устөрөгч, гелий, реликтив болон 21 см-ын долгион бүхий атомт устөрөгчийн цацаргалтаар дүүргэгдсэн “Их тэсрэлт”-ээс 380000 жилээс 150 сая жил

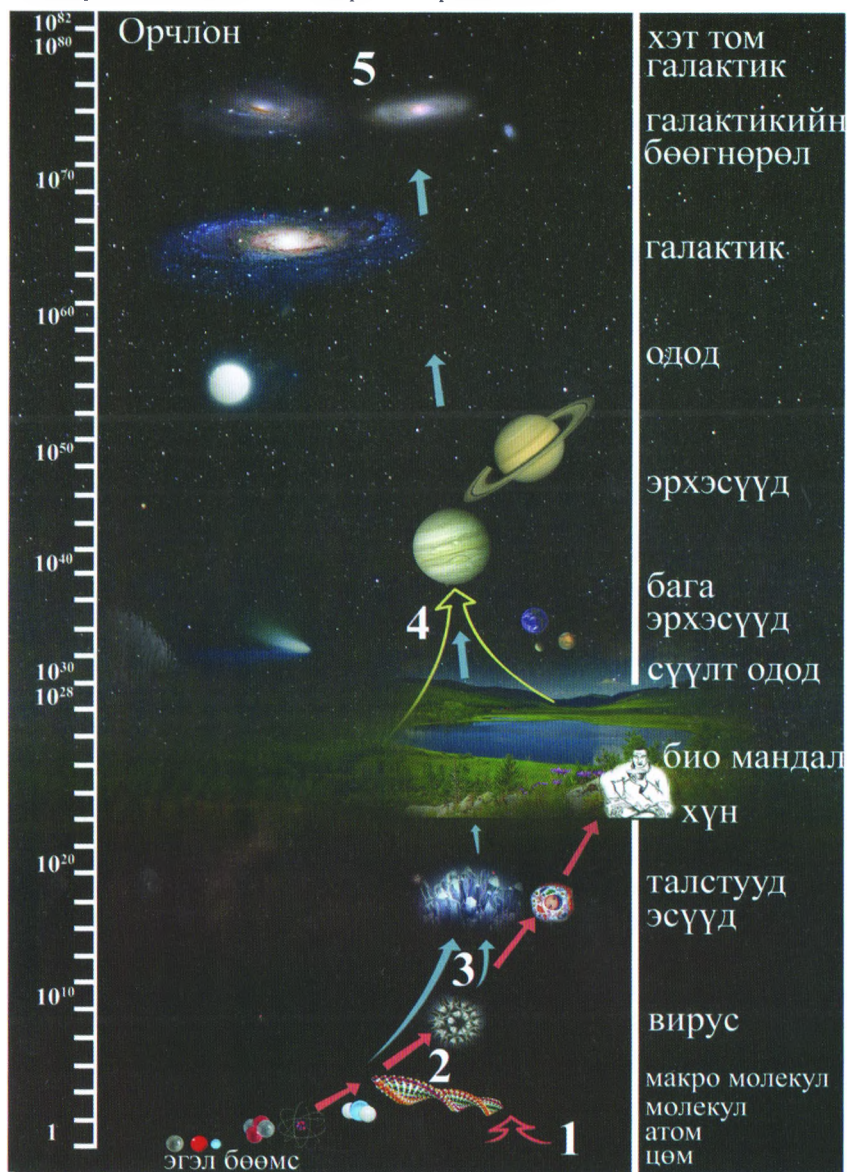
хүртэлх настай эринд хамрагдаж байгаа. Энэ үед одод, квазарууд болон бусад хурц үүсгэврүүд огт байгаагүй. Температур зөвхөн устөрөгчийн атом л оршин байх хэмжээнд хүртэл буурсан үе буюу протон, электронтой нэг гэр бүл болж тэнцвэрт төлөвт байлаа. Орчлон тэлэх тутам сансрын улаан шилжилт нь плазмыг хөрөлтөд хүргэн, тодорхой үед удааширсан электронууд мөн удааширсан протон (устөрөгчийн цөмийн хувьд), альфа бөөмс (гелийн цөмийн хувьд) нэгдэх нөхцөлтэй болоод атомууд үүсгэсэн. Плазм бол 3000 К орчим температуртай буюу Орчлон 400000 жилийн настай байсан үед л тохиолдсон юм. Бөөмсийн хоорондын орон зай их болоод, цэнэгт бөөмс багассан төдийгүй фотонууд бодистой харилцан үйлчлэлцэхээ болиод, зөвхөн огторгуй орон зайд чөлөөтэй шилжин нүүж, сарниж байлаа. Реликтив цацаргалт- фотон плазмаас цацарсан байлаа ч өнөөдрийн тэлж буй Дэлхийд хүрэлцэн ирж чадаж байна. Учир нь тэд дахин харилцан үйлчлэлд оролцохгүй байж чадсан юм.

“Их тэсрэлт”-ийн дараа 150 сая жилээс 1 тэрбум жил хүртэлх хугацаанд Орчлонд анхны одод, квазарууд, галактикууд, түүний хэт бөөгнөрөл ба цугларалт үүсч байна. Одод, квазаруудын устөрөгч гэрлийн тусламжтайгаар дахин иончлогдож байгаа. Гравитацийн таталцлын үр дүнд Орчлон дахь бодис салангид буюу кластер хэлбэрээр бөөгнөрөн тархаж эхэлсэн. Харанхуй Орчлонд анхны нягтарсан объектууд бол квазарууд юм. Тэгээд галактик ба хийн тоосонцрын мананцар эртний (анхны) хэлбэрийг үүсгэж эхэлсэн. Гелийн атомаас хүнд элементүүд нэгдэн нийлэлцэх процесс явагдсанаар анхны одод үүсч эхэлсэн юм. 2007 оны 7 сарын 11-нд Ричард Эллис оддын 6 бөөгнөрлийг ажигласан, тэр нь 13.2 тэрбум жилийн өмнө үүссэн байжээ. Ийм замаар Орчлон 500 сая жил насалж байх үеэс оддын бөөгнөрлүүд үүссэн. Энэ эрин их удаан үргэлжилж байгаа нь температур ба нягт бага байгаагаас шалтгаалж байна. Орчлонгийн хувьслыг шатаж дууссан гал, халуун оч, цог, утаа, үнстэй зүйрлэж болох юм. Бид тийм л үлдсэн нурман дээр байгаагай адилхан нөхцөлд байна. Галактикийн асар том одны дэлбэрэлт, хэт шинэ одны дэлбэрэлт зэрэг нь “Их тэсрэлттэй” харьцуулахад өчүүхэн үзэгдэл билээ.

Бодисын эрин. “Их тэсрэлт”-ийн дараа 1 тэрбум жилээс эхлэн нарны аймгийн эхлэл болсон одод дундын үүлс үүссэн. Тэгээд Дэлхий болон нарны аймгийн бусад эрхэс үүсэж хөрс чулуулаг хатуурсан юм.

Хоёрдугаар дэвтэрт бид кваркаас эхлээд асар том галактик хүртэл Орчлонгийн янз бүрийн объектийн тухай ярилцах болно. 14-р зургаас

тэдгээрийн хэмжээсийг тодорхой харж болно.



14-р зураг. Хамгийн доод хэсэгт хүчтэй харилцан үйлчлэлтээр холбогдсон атомын цөм доторх нуклонууд (1). Атомоос эрхсийн систем дэх

том биш биет хүртэлх Орчлонгийн объектуудын хооронд үйлчилдэг цахилгаансоронзон харилцан үйлчлэл (2-4). Эрхэс, одод ба тэдгээрийн систем нь гравитацийн хүчээр холбоотой (5). Босоо тэнхлэгээр системүүдийг бүрдүүлдэг эгэл хэсгүүдийг жагсаасан. Зүүнээс баруун тийш улам нийлмэл, боловсронгуй болж буй системүүдийг томруулан харуулав [Йосип Клечик, Петр Якеш, 1985].

Номзүй

1. Д.Баасанжав “2013 АСТРОНОМИЙН ЦАГЛАБАР №5”, Улаанбаатар, 2012.
2. Эмили Бомон, Мари-Рене Гийоре “Звёздное небо”, Москва, <Махаон>, 2013.
3. Стивен Хокинг “Мир в ореховой скорлупке”, Санкт-Петербург, <Амфора>, 2012.
4. Олег Фейгин “Поразительная Вселенная”, Москва, <Эксмо>, 2011.
5. Х.Намсрай, Ц.Мянганбаяр ба Э.Дол “ЕРТӨНЦИЙН ҮҮСЛИЙН МӨН ЧАНАР”, Улаанбаатар, 2011.
6. Стивен Хокинг “Краткая история времени”, Санкт-Петербург, <Амфора>, 2005.
7. Stephen Hawking “Die illustrierte Kurze Geschichte der Zeit”, Hamburg, <Druck und Bindung MOHN Media>, 2004.
8. Йосип Клечик, Петр Якеш нарын “Вселенная и Земля”, Прага, <Артия>, 1985.
9. “Наука и Вселенная”, Под редакцией А.Д.Суханова и Г.С.Хромова, Москва, <Мир>, 1983.

Бид гайхалтай бөгөөд хачирхалтай Орчлонд амьдарч байна. Түүний нас, хэмжээ, ааш авир төдийгүй гоо үзэсгэлэнг үнэлэн цэгнэх ер бусын төсөөллийг шаарддаг юм. Зах хязгааргүй сансарт хүний оршин байх байр суурь маш өчүүхэн бага ч байж болох юм. Гэхдээ бүхэл ертөнц ба хүмүүс бид яаж бий болсныгоо бид ойлгохыг оролдож л байгаа ба цаадын хувь тавиланг харж байна.

Стивен Хокинг, Леонард Млоднов

... хэрвээ Орчлон хэзээ нэгэн цагт агших бол дор хаяад арван мянган сая жилээс өмнө биш ээ, энэ хугацааны турш Орчлон маань өөрөө тэлнэ. Энэ үзэгдэл бид нарыг тийм их сандралд оруулахгүй, хэрвээ бид Нарны системийн гадна шилжин суурьшиж чадаагүй бол хүн төрөлхтөн Нартайгаа хамт сөнөчихсөн байна.

Стивен Хокинг

Бидний мэддэгээр бөөм болгонд антибөөм харгалзана, тэдний хооронд устгах үзэгдэл явагдана. Антибөөмсөөс бүрэлдсэн бүхэл бүтэн антигс, антихүмүүс үүсэж болно. Гэхдээ өөрийнхөө антитай уулзангаа түүнтэй гар барилцан мэндлэлцэж болохгүй! Та хоёр ор мөргүй устаж, нүд сохлом гэрлийн гялбаа үүсгэнэ!

Стивен Хокинг

Ертөнц бол өөр хоорондоо нөхөрлөх, дайсагнах чанарыг дотооддоо агуулж байдаг махбодын тодорхой нэгдэл мөн. Махбодуудын чанарыг агуулсан хумхийн тоос бол маш нарийн өчүүхэн жижиг зүйл, нүдэнд үл үзэгдэнэ. Хумхийн тоос бөөрөнхий хэлбэртэй байх бөгөөд баруун, зүүн, урд, хойд, дээр, доор гэсэн зургаан хувь хэсэгтэй байна. Хумхийн тоос 6 буюу 8-аас доошгүй тоотойгоор хуралдан цугларч байж юмсын буй болох үндэс болдог ба төв дунд нэг тоос байхад бусад нь түүний гадуур голын хумхидаа хүрэлгүйгээр эргэлдэн тойрч байдаг. “Бөөрөнхий төмөр лэт тал талаасаа олон тоос дундаа хурж бүх зүгээсээ эргэлдэн тойрсон таягтай орших болой”.

З.Агваанбалдан

“Бидний мэдрэхүйд тусгалаа олж байдаг гадаад бодис юмсыг үгүйсгээгүй бөгөөд харин юмс, үзэгдлийн төрж буй болох, төхөж болохыг нэгэн зэрэг тусгасан үзлийг зөв үзэл”

З.Агваанбалдан