

МОНГОЛЫН ФИЗИКИЙН НИЙГЭМЛЭГ



ФИЗИК

Шинжлэх ухаан танин мэдэхүйн сэтгүүл

Анхны дугаар

Улаанбаатар хот

2015 он

DDC
070
M-695

Published by the NUM Press, Ulaanbaatar, Mongolia
© The National University of Mongolia, 2015
IkhSurguuliinGudamj – 1, Sukhbaatar District,
Ulaanbaatar – 14200, Mongolia
ISBN978-99973-42-55-3

**Монголын физикийн нийгэмлэгийн "ФИЗИК" -шинжлэх ухаан,
танин мэдэхүйн сэтгүүлийн редакцын зөвлөл**

Зөвлөлийн дарга:

Проф. Ж.Даваасамбуу

Монголын физикийн нийгэмлэг

Гишүүд:

- | | |
|------------------------|---------------------------------------|
| 1. Акад. Ц.Баатар | Шинжлэх Ухааны Академи |
| 2. Акад. Х.Намсрай | Шинжлэх Ухааны Академи |
| 3. Акад. Б.Чадраа | Шинжлэх Ухааны Академи |
| 4. Акад. Т.Галбаатар | Шинжлэх Ухааны Академи |
| 5. Акад. Р.Тогоо | Шинжлэх Ухааны Академи |
| 6. Проф. Г.Шилагарди | Монгол Улсын Их Сургууль |
| 7. Проф. О.Лхагва | Монгол Улсын Их Сургууль |
| 8. Проф. Г.Очирбат | Монгол Улсын Их Сургууль |
| 9. Проф. Б.Бурмаа | Монгол Улсын Их Сургууль |
| 10. Проф. Д.Дамбасүрэн | Монгол Улсын Их Сургууль |
| 11. Проф. Х.Цоохүү | Монгол Улсын Их Сургууль |
| 12. Проф. Н.Алтангэрэл | Монгол Улсын Боловсролын Их Сургууль |
| 13. Проф. Ш.Чадраабал | Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль |

Дугаарыг эмхтгэсэн:

Редакцын зөвлөлийн нарийн бичгийн дарга

Док. Н.Төвжаргал

Монгол Улсын Их Сургууль

ӨМНӨХ ҮГ

Физикийн шинжлэх ухааны аливаа ололт амжилтыг эрдэм шинжилгээний сэтгүүлд өгүүлэл хэлбэрээр нийтэлж байгаа боловч түүнийг олон нийтэд ойлгомжтой энгийн хэлбэрээр бичиж нийтийн хүргтээл болгон түгээн дэлгэрүүлэх, сурталчлах, ард түмнийг соён гэгээрүүлэх үйл ажиллагаа явуулах хэрэгцээ шаардлага бидний өмнө үргэлж гарч байна.

Иймээс Монголын физикийн нийгэмлэгээс санаачлан "ФИЗИК" шинжлэх ухаан танин мэдэхүйн сэтгүүлийг тогтмол гаргахаар болсны дагуу энэхүү сэтгүүлийн анхны дугаарыг эрхэм уншигч олондоо толилуулж байна.

Бидний шинээр гаргаж байгаа энэхүү сэтгүүл таны физикийн шинжлэх ухааны мэдлэгийг арвижуулахад нэмэр болно гэдэгт итгэлтэй байна.

Эрдэм номын цагаан буян эрхэм таныг үүрд ивээх болтугай.

Хүндэтгэсэн,

Монголын физикийн нийгэмлэгийн ерөнхийлөгч

Проф. Док. Ж.Даваасамбуу

ГАРЧИГ

ПЕТР ЛЕОНИДОВИЧ КАПИЦАГИЙН ЗАХИДАЛ

Проф. Н.Түгжсүрэн 1

ЭГЭЛ БӨӨМС 70-ААД ОНД: ЗАМБАРААГҮЙДЛЭЭС ЗАГВАР ЛУУ

Проф. Тошихидэ Маскава
Орчуулсан Ц.Амартайван 6

ФИЗИКИЙН БАГШ МЭРГЭЖИЛТЭН ГЭЖ ХЭН БЭ?

Проф. Б.Бурмаа 16

ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ГЭЖ ЮУ ВЭ?

Ж.Дөлгөөн, М.Ганбат 22

**ОЛОН УЛСЫН ФИЗИКИЙН ОЛИМПИАДАД СУРАГЧДАА
ХЭРХЭН БЭЛДДЭГ ТУРШЛАГААС**

Проф. Б.Бурмаа 24

АЯНГА

П.Түвшинтөр, Г.Шилагарди 29

МЕНДЕЛЕЕВИЙН ТАБЛИЦ ХИР УДААН НАСТАЙ ВЭ?

П.Түвшинтөр, Г.Шилагарди 31

НАНОТЕХНОЛОГИ ГЭЖ ЮУ ВЭ?

Г. Сэвжидсүрэн 36

АЙМАГ, ХОТЫН ФИЗИКИЙН ОЛИМПИАД–2014

М.Отгонбаатар, Г.Мөнхбаяр 45

**ОЛОН УЛСЫН ФИЗИКИЙН 41-Р ОЛИМПИАДЫН
ОНОЛЫН 1-Р БОДЛОГО**

Ц. Баатарчулуун, Г. Батсүх 47

МЭДЭЭ, МЭДЭЭЛЭЛ

55



Петр Леонидович Капица (1894-1984)

...Онцгой гоц авъяастнууд маш ховорхон байдгийг амьдрал харуулж байна. Ийм учир авъяас билэгтнүүдийг хайрлан хамгаалж, үнэлэн цэгнэж байх ёстой...

Орчуулсан: Проф.Н.Түгжсүрэн

Шинжлэх ухаан технологийн их сургууль

Нам температурын физикийн салбарт хийсэн гарамгай нээлтээрээ 1978 онд Нобелийн шагнал хүртсэн дэлхийн нэрт физикч Петр Леонидович Капица (1894-1984) улс төрийн томоохон зүтгэлтэн хүн байв. Шударга эрсхэн, эх оронч энэ агуу физикч ямар ч үед өөрийн үзэл бодлоо хэнээс ч айхгүй илэрхийлдэг, хор уришигтай буруу үйлдлийг засч залруулах талаар тууштай тэмцэгч хүн болох нь түүний мятаришгүй үйл ажиллагаанаас тодхон харагддаг. Петр Леонидович Капицагийн 1980 онд ЗСБНХУ (хуучин нэрээр)-ын Улсыг Аюулаас Хамгаалах Хорооны дарга асан Юрий Андроповт тэр үеийн томоохон физикч бөгөөд “тэрслүү үзэлтэн” хэмээн адлагдаж байсан А.Д.Сахаровыг өмөөрөн бичсэн захидлыг “Спутник” сэтгүүлийн 1989 оны дугаарт нийтлэгдсэн юм. Нэрт физикч А. Сахаровыг физикчийнх нь хувьд хэрхэн үнэлж байсан хийгээд хувь хүний эрхэмлэх үзэл бодлын талаарх хавчилга ямар хор уришигтай болохыг өнөөгийн соёлт ертөнцөд ч сануулахад илүүдэхгүй тул бүрэн эхээр нь орчуулан түмэн олны сонорт хүргэхийг хичээв..

Эрхэм хүндэт Юрий Владимирович аа! Манай улсын томоохон эрдэмтэн физикч А.Д. Сахаров , Ю.Ф.Орлов хоёрын амьдрал, хувь заяа олон эрдэмтний нэг адил миний сэтгэлийг зовоож байна. Танд одоогийн буй болсон байдлыг хамгийн ойлгомжтойгоор тодруулан бичиж байгаа минь энэ ээ. Сахаров, Орлов хоёр эрдэм шинжилгээнийхээ ажлаар асар их үр ашиг өгөх хүмүүс юм. Гэтэл тэднийг одоогийн байдлаар, “тэрслүү үзэлтнүүд” гэж адлан ажил үйлээ эрхэлж чадахааргүй тийм нөхцөл байдалд оруулсан байна. Огтхон ч ашиг тус болохгүй юмыг ингэх нь улс оронд ямар хожоотой юм бэ? гэсэн асуулт тавигдаж байна. Энэхүү захиандаа би уг асуудлыг боломжийн хэрээр бодитойгоор тунгаан үзэхийг хичээв. Хэрэв эрдэмтдээс асуувал, Сахаров, Орлов хоёр шиг тийм том эрдэмтнийг шинжлэх ухааны хэвийн үйл ажиллагаа эрхлэх боломжоос нь салгавал хүн төрлөхтөнд хор хохирол учрах болно хэмээн шулуухнаар хариулцгаах болов уу. Харин эрдэмтэн хүний шинжлэх ухааны үйл ажиллагааг муухан гадарладаг нийгмийн зүтгэлтнүүдээс асуувал, тэд манайд буй болоод байгаа байдлыг огт ондоо байдлаар тодорхойлох байх.

Их Сократын үеэс эхлэн хүн төрөлхтөний соёлын түүхэнд өөрөөр сэтгэгчдэд тун ч их дайсагнан хандаж байсан тийм тохиолдол цөөнгүй бий. Өнөөдөр улс оронд буй болсон нийгмийн тодорхой нөхцөл байдалтай уялдаж бидний өмнө бодитой тулгараад байгаа асуудлыг шийдвэрлэх хэрэгтэй гэдэг бол зайлшгүй ээ. Шинэ нийгмийн байгууллыг цогцлон бүтээж байгаа манай өнөөгийн нөхцөлд Лениний санаа бодолд тулгуурлах нь үлэмж зөв зүйтэй байх асан гэж би хувьдаа бодож байна. Лениний санаа бодол бол асуудлыг олон талаас нь авч үзэх боломжтой, түүнчлэн Ленин томоохон сэтгэгч, эрдэмтэн төдийгүй тухайн нийгмийн томоохон зүтгэлтэн байсан болохоор ингэх нь туйлын зүйтэй болов уу. Манай өнөөгийхтэй адил төсөөтэй нөхцөл байдалд Ленин хэрхэн хандаж байсан нь их тодорхой байдаг. Энэ бүхэн И.П.Павловд яаж хандаж байснаас илхэн харагдана.

Павловын “өөрөөр сэтгэгч” гэдгийг манайд төдийгүй хилийн чандад ч сайн мэдэж байсан. Социализмд хандах түүний сөрөг хандлага нэн хурцаар илэрч байв. Тэрээр эрс хатуу үгээр, нууж хаах юмгүйгээр шүүмжлэлээ урсгаж, тэр үеийн удирдлагыг зэмлэж, сүм дуган болгонд мөргөж, урьд нь огтхон ч тоодоггүй байсан цагаан хааны үеийн одонгоо зүүгээд л явдаг байв. Гэтэл Павловын өөрөөр сэтгэх үйл ажиллагааны энэ байдлыг Ленин ер хэрэгсэж үзээгүй. Лениний хувьд Павловыг том эрдэмтэн гэж үздэг байсан болохоор түүний судалгаа шинжилгээний ажлыг аль болох таатай нөхцөл боломжоор хангаж байжээ. Павлов, нөхцөлт рефлексийн гол гол туршлагаа нохой дээр хийдэг байсныг бид мэднэ. Хориод онд Петроград хотод хоол хүнс тун тарчиг хэцүү байсан хэдий ч Лениний заавраар Павловын ноходод хоолыг нь хүрэлцэхүйц хэмжээгээр хангаж байжээ. Академич А.Н. Крылов Камцноостровд Павловтой уулзсанаа хожим надад ярьсан юм. Тэрвээр Павловд хандан “Иван Петровичаа, би танд тус хүргэж болохсон болов уу?” гэхэд “Бололгүй яахав” хэмээн уриалгахан хариулж. Тэхэд нь академич, “Та намайг нохойныхоо оронд туршлага хийхээр авна уу ” гэж. Түүнийг сонсоод Павлов ” Та ухаантай хүн байж ийм дэмий юм хэлэх гэж бас байдаг аа” хэмээн халагласан гэдэг.

Ленин эрдэмтэн хүмүүст онцгой анхаарал тавьдаг байсан өөр олон баримтыг би мэднэ. Төмөрлөг судлаач нэрт эрдэмтэн Д.К.Черновд Ленин хэрхэн хандаж байсан нь надад гүн сэтгэгдэл төрүүлдэг. Түүний ган хайлах талаар туурвисан сонгодог бүтээлүүд орчин үеийн төмөрлөг судлалын үндэс болсон билээ. Хувьсгалын үед Чернов бүр 80 дөхсөн настай хүн байв. Тэрээр Михайловын их бууны академийн профессор, генерал, мөн хааны ордонд томоохон цолтой эрдэмтэн байсан. Иргэний дайны үед тэрээр Крымд, Врангелийн эзэлсэн сэрүүн ордонд сууж байжээ. Врангель Крымээс хөөгдөхөөр тулахад Черновыг өөртэйгээ хамт гадаадад цагаачлан гарах санал тавьсан байна. Гэвч Чернов түүний саналыг үл хүлээн авч, улаан армид бүслэгдсэн ордондоо хоцорчээ. Черновыг яахав ийхэв дээрээ тулж Ленинээс асуухад, “түүнийг сайн харж хамгаалах” талаар үүрэг өгчээ. Ингээд түүний сэрүүн ордонд улаан флотын тусгай хамгаалалт гаргасан байна. Энэ бүх бодит зүйлийг тэр үед цэл залуухан

коммунист, эрдэмтэн явсан Я.И.Френкель надад ярьсан юм. Френкель, Крымийг чөлөөлсний дараагаар Симферопольд их сургууль нээн ажиллуулах болж, Черновоос тусламж гуйсан аж. Чернов их сургуульд тэнхим толгойлохоор амлажээ. Лениний ухаалаг мэргэн шийдвэрийн ачаар большевикууд болон хааны ордны эрхэмсэг дээдсийн хүрээнд багтаж байсан сурвалжит эрдэмтдийн хооронд шинжлэх ухааны хамтын ажиллагаа үүсч буй болсон юм.

Одоо бидний өнөө үед болсон маш сургамжтай баримтын тухай өгүүлье. Энэ бол мөн л уран бүтээлийн үйл ажиллагааны өөрөөр сэтгэх явдлаас үүдэн гарсан зөрчилтэй холбоотой бас нэг өөр сонин баримт юм. 1945 онд миний толгойлж байсан хүрээлэнд Броз Тито зочилж билээ. Энэ айлчлал дайны үед Югославын элчин сайдын яаманд шинжлэх ухааны асуудлыг хариуцсан туслах ажилтай байсан физикч эрдэмтэн Павел Савичийн санаачилгаар хийгдсэн юм. Эдүгээ Савич Белградад Шинжлэх Ухааны Академийн ерөнхийлөгчөөр ажиллаж байна. Би хүрээлэнгээ үзүүлж нөхөр Титотой яриа өрнүүлж бүтээлийг нь ихэд хүндэлж явдаг уран барималч Мештровичийг хэрхэн үнэлдэг талаар асуусан юм. И.Мештрович нь Родены шавь бөгөөд манай үеийн тормоохон уран барималчдын нэг байлаа. Тито Мештровичийн талаар тун ч таагүй юм ярьж гарсан. Мештрович нь Титогийн хувьд бүр тэрслүү, тэр ч бүү хэл Югославд буй болсон төрийн байгууллыг хүртэл эсэргүүцэн ханддаг хүн гэдгийг яриу. Түүнээс гадна бас сүсэг бишрэлтэй, Ромын хамба ламтантай үй зайгүй нөхөрлөдөг гэнэ. Би ч Титотой маргах хэрэг гарах нь тэр. Мештрович шиг урлагт, уран бүтээлчийн тийм өндөрлөгт хүрсэн лут хүнийг нэгэн хэмийн улиг болсон хэмжүүрээр шүүн тунгааж болохгүй шүү дээ гэж би Титод хэлээд Павловын талаар Ленин яаж хандаж байсныг жишээ болгон ярьсан юм. Тито ч сүрхий маргаанч хүн байсан. Бид хоёр ширүүвтэрхэн маргасан юм. Гэтэл Тито гэнэтхэн яриагаа таслан, “та надад бүүр итгүүлчихлээ. Би Югославд очингуутаа Мештровичид хандаж байсан хуучин хандлагаа эрс өөрчилнө гэдэг байгаа. Дараа нь та бидний мэдэхээр манайхан Титотой түнжин хагарсан шүү дээ. Тэгээд хожим Хрушевийн үед хэвийн харилцаандаа эргэж орсон юм. Энэ жилүүдэд миний хувьд таагүй байдал буй болсон хэдий ч дараа нь байдал ондоо болж надад социалист орнуудаар жуулчлах боломж олгов. 1966 онд би Югослав явав. Тэр үед намайг Югославын хил дээр найрсгаар угтан тосоцгоож, Белградад дөнгөж очингуут Маршал Тито уулзана гэсэн мэдээ өгөв. Бид Белградад шөнө орой болсон хойно ирсэн юм. Өглөөний арван цагт Тито биднийг авахаар унаа илгээжээ. Уулзангуутаа л тэр Москвад таньтай маргасан явдалд би талархаж байна гэдэг байна шүү. Тэр маргааны ачаар Мештрович Югославын шинэ байгуулалд хандах хуучин хандлагаа өөрчилж, эх орныхоо төлөө идэвхтэй ажиллах болжээ. Мештрович таалал төгсөхийн өмнө бүх бүтээлээ Югослав орондоо гэрээслэн үлдээжээ. Ингээд Югославын Сплит хотод түүний бүтээлээр тусгай музей байгуулж, хажууд нь их барималчийг оршуулжээ. Тито дараа нь надад тус оронд өөрөө санаачилан хөгжүүлсэн нийгмийн тогтолцооны талаар яриу. Тэгээд зуршил ёсоор бидний хооронд маргаан үүсэхэд Тито надад Загребийн хэд хэдэн үйлдвэрээр орохыг зөвлөөд, харин өөрт төрсөн сэтгэгдэлээ заавал эргэж

мэдэгдээрэй гэсэн юм. Би ч тэр хүсэлтийг ёсоор болгосон. Югославаас буцах болоход намайг тус улсын төрийн дээд шагналаар шагнасан болохыг мэдэгдэж билээ. Тэр үед Мештрович хэдийнээ таалал төгсчихсэн байсан. Титогийн хандлага яагаад өөрчлөгдөх болсныг уран барималч амьд сэрүүн ахуйдаа ч мэдээгүй болов уу. Дээрх жишээнүүд, өөрөөр сэтгэгч хүмүүст яг л Ленин шиг хянуур болгоомжтой, ухаалаг хандах хэрэгтэйг харуулж байна. Өөрөөр сэтгэх явдал бол хүний үр бүтээлтэй үйл ажиллагаатай нягт болбоотой байдаг бөгөөд харин бүтээлч үйл ажиллагаа нь шинжлэх ухаан, соёлын аль ч салбарт хүн төрөлхтөний хөгжил дэвшлийг хангадаг. Хүний бүтээлч үйл ажиллагааны бүхий л салбарын эх сурвалжид нэгэнт буй болоод байгаа зүйлийг голж чамлах явдал ямагт байсаар ирснийг хялбархан мэдэж болно. Жишээлэхэд, эрдэмтэн хүн сонирхсон шинжлэх ухааныхаа салбарын төвшинг голж чамлан судалгаа шинжилгээний шинэ шинэ аргыг эрж хайдаг. Зохиолч хүн тухайн нийгэм дэх хүмүүсийн харилцаанд сэтгэл дундуур явж тэдний зан төлөв хийгээд нийгмийн бүтцэд уран сайхны аргаар нөлөөлөхийг эрмэлздэг. Инженер хүний хувьд техникийн өнөөгийн зарим шийдэлд мөн л сэтгэл дундуур байж түүнийг оновчтой шийдэх шинэ дэвшилтэт хэлбэрийг эрж хайж байдаг. Тэгвэл нийгмийн зүтгэлтэн хүн төр улсад тогтож байгаа хууль зүй, уламжлал, сурталд сэтгэл бас л дундуур явж нийгэмд үйлчлэх өөр шинэ хэлбэрийг эрэлхийлж байдаг гэхчилэнгээр дурьдаж болно. Тийнхүү хүн бүтээн туурвиж эхлэх хүсэл сэдэл төрмөгц оршин байгаа зүйлээ голж чамлах сэтгэлгээ заавал төрж байх ёстой бөгөөд ийм учир шалтгаанаар л өөрөөр сэтгэхэд хүрдэг. Энэ бол хүний үйл ажиллагааны аль ч салбарт адилхан хамаатай. Сэтгэл дундуур байх юм зөндөө л байх шүү дээ. Тэхдээ бүтээл туурвилд их үр бүтээлтэй тодрон товойхын тулд бас авьяас билэг хэрэгтэй. Онцгой гоц авьяастнууд маш ховорхон байдгийг амьдрал харуулж байна. Ийм учир авьяас билэгтнүүдийг хайрлан хамгаалж, үнэлэн цэгнэж байх ёстой. Хичнээн сайн хүн удирдлагад байлаа ч гэсэн үүнийг биелүүлэх бэрхтэй байдаг. Томоохон бүтээл туурвил хийсэн хүн элдэв ааш араншин гаргадаг. Энэ нь угтаа аливаа юмыг голж чамлах нэг ёсны огцом гаж байдалд хүргэдэг. Тийм ч учраас авьяас билэгтэнүүд гол төлөв олны ярьдагчлан “хэцүү ааш араншинтай” хүмүүс байх нь бий. Жишээлбэл : үүнийг томоохон зохиолчдоос хялбархан ажиглаж болох бөгөөд тэгээд л тэд нар юм л бол маргаж, тэрслэх дуртай. Чухамдаа бол бүтээл туурвилын үйл ажиллагаа голдуу л тааруухан, хоцрогдсон арга барилтай удирдах хүмүүстэй тулгарч байдаг жамтай. Хуучныг баримталсан үгширмэл үзэлтэй хүмүүс тэрхэндээ амар жимэрхэн амьдарч өдөр хоногийг өнгөрүүлэх хүсэлтэй байдаг учраас тийм юм. Иймд хүн төрөлхтөний соёлын хөгжлийн диалектик нь үгширмэл хийгээд өөрөөр сэтгэх үзлийн зөрчлийн хандлагад ямагт өртөж иржээ. Иймэрхүү зүйл хүн төрөлхтний соёлын бүхий л салбарт, бүхий л үеийн турш гарсаар, байсаар иржээ.

Сахаров мэтийн эрдэмтэн хүний зан төлвийг авч үзвэл түүний бүтээл туурвил, мөн л одоо байгаа зүйлд дургүйцэж чамлах санаа бодол тодорхой харагддаг юм. Энэ дургүйцэл нь зөвхөн физикийн шинжлэх ухаанд хамаарч байвал Сахаровын үйл ажиллагаа тун ашигтай

тустай юм. Гэтэл тэрээр өөрийн үйлдлээ нийгмийн асуудалд оруулан тавих болоход бүтээлч сэтгэхүй муутай, хүнд сургалт хүмүүсээс илүү амжилт, нэр хүндэд хүрч чадахгүй, харин ч хүчтэй эсэргүүцэлтэй тулгарч байна. Тиймээс Ленин өөрөөр сэтгэх илэрлийг хэрхэн анзаарахгүй орхидог байсныг үл тоон, захиргааны аргаар нухчин дарахыг санаархаж, ингэхдээ тэр эрдэмтний ашигтай бүтээлч үйл ажиллагааг хөнөөн устгаж байна гэдгээ огтхон ч анзаарахгүй байна. Энэ бол нялх хүүхдээ түмпэнд угаагаад, устайгаа хамт цацаж байгаа л хэрэг шүү дээ. Ер нь үлэмжийн бүтээлч үйл ажиллагаа өөрийн үзэл санаатай байх ба захиргааны хүчирхийлэлийн нөлөөлөд огт автдаггүй ажээ. Өнөө үед бид эрдэмтдэд хандах Лениний гэрээслэлийг мартацгаагаад байна. Сахаров, Орлов нарын жишээгээр үзсэн ч тэр тийм хандлага гунигт үр дагаварт хүргэж байгааг бид харж л байна шүү дээ. Чухам энэ байдал эцсийн дүндээ аугаа их шинжлэх ухааны хөгжлийн салбарт капиталист орнуудаас биднийг хоцроход хүргэжээ. Энэ нь голдуу их эрдэмтэн хүний бүтээлч үйл ажиллагаанд болгоомжтой хандаж байгаагүйн уршиг юм. Өнөө үеийг Лениний үетэй харьцуулж үзэх юм бол манай эрдэмтдийн талаар тавих анхаарал халамж үлэмж муудсан бөгөөд хүнд суртлын тэгшитгэх үзлийг л өөгшүүлэх болжээ.

Уралдаанд түрүүлэхийн тулд олон сайн ажнай хөлөгтэй байх хэрэгтэй. Гэтэл хурдан сайн ажнай хөлөг тун цөөхөн байх бөгөөд ийм морьд ихэвчлэн л агсам сөрвөлзүүр зантай байдаг. Тийм сайн ажнай хөлгүүдийн уяач хийгээд унах хүүхэд нь ур дүйтэй, морь малд туйлаас хайртай хүмүүс байх хэрэгтэй биз дээ. Ердийн нэг морь унаж явахад номхон, биенд ядаргаа багатай байх боловч уралдаанд түүнийг түрүүлнэ гэж гордохын хэрэггүй биз ээ.

Өөрөөр сэтгэгч эрдэмтдэд хэрэглэж буй захиргааны нөлөөлөл бүр өнө эртний үеэс угшилтай, сүүлийн үед барууны орнуудад ч гарч л байна. Жишээлбэл, нэрт гүн ухаантан, математикч Бертран Рассел өөрөөр сэтгэгч байсныхаа шанд богино хугацаатай боловч хоёр удаа шоронд суусан. Энэ нь чухамдаа ухаантай хүмүүсийн дунд эгдүүцэл төрүүлсэн л болохоос Расселийн зан аашинд өчүүхэн ч нөлөөлж чадаагүй болохоор англичууд энэ аргыг орхисон. Манай өөрөөр сэтгэгч эрдэмтдэд ямар аргаар нөлөөлөх нь зүйтэйг би мэдэхгүй. Хэрэв бид хүч хэрэглэх энэ аргаа улам даамжруулаад байвал түүнээс тийм ч баярлаж бахадмаар зүйл гарахгүй л болов уу. Тэгэхээр түүнийг зөнд нь орхичихсон нь л дээр байхаа даа?

Таныг хүндэтгэн ёсолсон П.Л.Капица гэжээ

ЭГЭЛ БӨӨМС 70-ААД ОНД: ЗАМБАРААГҮЙДЛЭЭС ЗАГВАР ЛУУ

Тошихидэ Маскава, Нобелийн шагналт эрдэмтэн

“Таамаглалаас шинжлэх ухаанд” гэсэн алдартай ном байдгийг та бүхэн мэдэх байх аа. Миний өнөөдрийн яриа бол эсрэгээр “шинжлэх ухаанаас таамаглал руу” гэсэн сэдэвтэй гэж хэлж болно. Энэ сүүлийн хэдэн жилд бидний “эгэл бөөмсийн онол” гэж хэлж заншсан салбарт олон зүйл болж өнгөрлөө. Хурдасгуур ашигласан туршилтын улмаас ийм шинэ үсрэлт бий болсон гэж би бодож байна. Эгэл бөөмсийн судлаачид дотор янз бүрийн хүмүүс байдаг болохоор иймэрхүү санаа хэлэхэд “чи энэнд итгээд байгаа юм уу” гэж хэлэх хүн гардаг боловч би итгэдэг.

Энэ юу вэ гэвэл, супер тэгш хэмтэй эгэл бөөм нээгдэх магадлал болон хигтс бөөмийн асуудал юм. Энэ хигтс бөөм нь өнөөдрийн загварыг бий болгосон гол үндсийн нэг, эгэл бөөмийн массыг тодорхойлох механизмын учгийг атгаж байгаа, эгэл бөөмсийн онолд маш том байр суурь эзэлдэг боловч одоо болтол өөрийн дүр төрхөө харуулаагүй байна. Гэхдээ удахгүй бидэнд царайгаа харуулах байхаа гэж яригдаж байна. Яагаад яригдаад байна гэж хэлэв ээ гэхээр санал асуулга явагдаагүй хэдий ч үүнийг зөвшөөрдөг болон эсэргүүцдэг тал байдаг юм. Харин би зөвшөөрдөг талд ордог. Яагаад гэвэл саваагүй тал руугаа зантай болохоор шинэ зүйлэнд илүү дуртай. Ямар нэг өөрчлөлт гарвал сонирхолтой шүү дээ. Тиймээс ч тун удахгүй биелэх байх аа гэж хүсэн хүлээж байна.

Ялангуяа, супер тэгш хэмийн хувьд, эгэл бөөмс дотроо фермион болон бозон гэж нэрлэгдэх бөөмсөд хуваагдана. Фермионы хувьд, яг адилхан төлөвт нэгээс илүү эгэл бөөм оршихгүй. Протон, электрон гэх мэт бөөмс энэ ангилалд багтана. Юкава мезон болон фотон зэрэг бөөмийн хувьд яг адилхан төлөвт орших бөөмийн тоо хязгаарлагддаггүй бөгөөд ийм төрлийн бөөмсийг ерөнхийд нь бозон гэж нэрлэнэ.

Тэгвэл энэ фермион болон бозоны хооронд ямар нэг тэгш хэм байгаа юм биш биз? Гэсэн ч яг адилхан масстай фермион, бозон байхгүй. Намбү багшийн¹ нээсэн тэгш хэм агшин зуур эвдрэх механизм гэж байдаг. Энэ нь эгэл бөөмсийн судлаач бидний хоолоо олж иддэг асуудал бөгөөд маш их чухал асуудал юм. Бидний энэ ертөнцөд масс нь яг тэнцүү фермион ба бозон гэж байхгүй хэдий ч энэ бол тэгш хэм эвдэгдсэнээс болсон гэж тайлбарлахад л болно. Бага зэргийн хошигнолтой ярьж байгаа хэдий ч энэ бол бодит үнэн юм.

Энэ онол нь орон зайн шинж чанартай маш нягт холбоотой. Энгийнээр бол ийм холбоо хамааралгүйгээр тэгш хэмийн талаар ярьж болох хэдий ч явуулж байгаа судалгааг улам гүнзгийрүүлэн авч үзэх тусам орон зайтай холбоотой болдог. Энэ бол түрүүн дурьдагдсан фермион болон бозон гэж нэрлэгдэх шинж чанараараа огт төсгүй бөөмс хоорондын тэгш хэмийн талаар ярьж байгаа учраас, тайлбарлахын тулд ердийн бидний хэрэглэж заншсан x , y , z (координат), t (хугацаа) огторгуйгаас гадна супер координат гэгч зүйлийг оруулдаг. Үүний ачаар супер тэгш хэм гэгч зүйлийг маш хялбархнаар илэрхийлэх боломжтой болно. Тиймээс супер координатын талаар ингэж бодох нь их амар гэдгийг мэдсэн юм.

Ихэнх физикчид үүнийг онолыг хялбархнаар илэрхийлэх хэрэгсэл гэж ойлгодог. Ер нь супер тэгш хэм байхгүй гэж хэлэх хүн ч нэлээд бий. Тиймээс эгэл бөөмс судлаачдын дунд супер тэгш

¹¹ Намбү Ёоичиро (1921-), Японы физикч. Чикаго их сургуулийн зөвлөх профессор. Квант хромодинамикт “өнгө өөрчлөгдөх” талаар, мөн эгэл бөөмсийн онолд тэгш хэмийн агшин зуурын эвдрэлийн талаар санал дэвшүүлснээрээ алдартай (орч.).

хэм байдагт итгэдэг хэсэг байдаг бөгөөд тэдэн дундаас цөөхөн хэд нь одоо дахин яригдах супер координатыг судалж байна. Байдал ийм л байна.

Энэ Маскава гэдэг нөхөр түүнээс цаашлаад, супер координатын тухай сайн бодохоор орон зайн маш хүчтэй шинж чанар бөгөөд огторгуйн цэг бүрт нэг төрлийн өргөс маягийн зүйл бий болно. Микро ертөнцөд явагдаж байгаа болохоор нүдэнд харагдахгүй хэдий ч цэг орчимд өргөс харагдана. Ингэж супер координатыг тайлбарлаж болно. Энэ маягаар хэлэх хүн ховор тохиолддог. Харин Маскава бол нэлээд эртнээс ингэж хэлж байгаа юм.

Тета (θ) хувьсагчийг хязгааргүй хэмжээст Грассманы огторгуйн цэгийг илэрхийлдэг координат гэж үзээд, хэрвээ супер бөөмс нээгдэнэ гэвэл огторгуйн тухай бидний ойлголтод шинэ боломж бий болно гэсэн үүднээс Маскава үнэхээр их сонирхдог юм. Гэхдээ эгэл бөөмс судлаачдын ертөнцөд маш цөөхөн тооны хүмүүс ингэж боддог. Үүнийг сайн ойлгохыг хүсье. Маскава ингэж бодож байгаа юм чинь эгэл бөөмс судлаачид тэгж бодож байгаа гэвэл бусад судлаачдыг хүндэтгээгүй хэрэг болох учраас үүнийг ингээд орхиё.

1970-аад оны эхээр оронгийн онол гэж нэрлэгдэх квант механик болон харьцангуйн онолыг нэгтгэсэн маягийн онол гарч ирсэн. 1960-аад оны үеэр ийм юм яаж байж болдог юм гэсэн хашгиралдаан дундаас үгүй юм биш үү, магадгүй оронгийн онол үнэхээр хэрэгтэй онол байна гэдэг санаа дийлжээ. Ингээд ярихаар тэгвэл оронгийн онол гэж юу юм бэ гэдэг рүү орох байх аа. Гэрэл, электрон зэргийн талаар авч үздэг онол бөгөөд квант электродинамик гэж нэрлэгддэг. Томонага багш² зэрэг эрдэмтэд энэ онол маш их хэрэгтэй бөгөөд нарийн хэрэглээтэй онол гэдгийг харуулсан юм.

Үүний дараагаар энэ онол, Томонага, Швингер³ нар тооцоолох боломжтой, маш их хэрэгтэй гэдгийг харуулсан. Үүний дараагийн судалгааны үр дүнг харахад энэ онолын тусламжтайгаар электроны шинж чанар, соронзон моментийг, одоогийн нарийвчлалаар хэлбэл туршлага болон онолын утгын 8 орон таарч байна. Хамгийн эхний зарчмаас эхэлсэн мөртөө туршлага, онолын үр дүн 8 орон таардаг онол өөр байхгүй. Тиймээс тэр хэмжээгээрээ амжилтад хүрсэн онол боловч, өөр онол тухайлбал Юкава багшийн хамгийн анх анзаарсан хүчтэй харилцан үйлчлэл гэж нэрлэгдэх үзэгдлийн хувьд хэрэглэж үзэхээр тооцоолж болдоггүй. Хөндөлтийн тооцоо гэдэг арга хэрэглэгдэх боломжгүй гэсэн үг юм. Тиймээс үүний дараагаар Томонага-Швингерийн цахилгаан соронзон харилцан үйлчлэлийг тооцсон онол их амжилт олж маш өндөр нарийвчлалтайгаар онол туршлагын утга нь таардаг. Гэхдээ энэ онолыг Юкава багшийн анх анзаарсан хүчтэй харилцан үйлчлэл, өөрөөр хэлбэл протон болон Юкава мезоны хоорондох харилцан үйлчлэлд хэрэглэж үзэхэд маш хүндрэлтэй бөгөөд ойролцоо утга гаргаж чадаагүй юм.

Квант механикийг үүсгэсэн Гейзенберг гэдэг хүн байдаг. Би энэ хүнийг тэнгэрлэг авъяастай хүн гэж боддог. Ямар авъяастай вэ гэхээр авъяасын дээд авъяас гэж хэлж болохоор ямар ч асуудал тохиолдсон шийдчихдэг хүн бөгөөд ийм л болохоор квант механик гэж нэрлэгдэх микро ертөнцийн онолыг бүтээсэн байх аа. Гэхдээ сонирхолтой нь нууц түлхүүр тайлж уншиж байгаа мэт арга хэрэглэдэг байжээ. Энд ийм дүгнэлт хийж болно, гадна талаас нь ийм зүйл рүү дөхнө, ийм ийм шинж чанартай, тиймээс ингэвэл ямар болох бол, ийм индукцийн арга хэрэглэнэ гэх мэтээр л. Энэ нь амжилтад хүрч 1925 онд микроертөнцийн онол болох матриц

² Шин Ичиро Томонага- (1906-1979), Квант электродинамикийг хөгжүүлэхэд үнэтэй хувь нэмэр оруулсан Японы физикч

³ Julian Seymour Schwinger (1918-1994) Америкийн онолын физикч

механикийг зохиожээ. Энэ нь матриц боловч ахлах сургууль, их сургуульд үздэг матриц биш хязгааргүй хэмжээст матриц юм.

Гэвч хорвоо ертөнц дээр хосгүй гайхамшигтай хүмүүс олон байдаг болохоор ийм хязгааргүй хэмжээст матрицыг хэрэглээд устөрөгчийн атомын холбоосын энергийг бодсон хүн гарч ирэв. Паули эрдэмтэн юм. Маш аймаар багш байсан учраас ийм онигоо хүртэл гарсан байлаа. Шавь нь “Паули багш аа, би ийм өгүүлэл бичлээ, та уншаарай” гээд өгүүллээ авч очиход эргүүлж харснаа “Юу? Энэ чинь алдаатай байна” гэж хэлээд шууд л хогийн сав руу хийчихдэг. Ер нь юу ч авч орсон ийм л байдаг байжээ. Мэдээж дотор нь нэр нь ордог учраас сайн ажил л хийдэг. Гейзенберг эхлээд матриц механикийг үүсгэсэн ч Паули энэ онолыг ашиглан микроертөнц дэх устөрөгчийн атомын холбоосын энергийг бодож харуулжээ.

Үүний дараа жил Шредингер үүнээс асар ялгаатай аргаар буюу де Броилийн микроертөнцийн бөөмс нь бөөмс байхаасаа гадна нэгэн зэрэг долгион байдаг гэдэгт үндэслэн, энэ онолыг хөгжүүлэн микроертөнцийн онол болох долгионы тэгшитгэлийг бичсэн юм.

Энэ нь физикчдийн сайн мэдэх дифференциал тэгшитгэл байсан учраас тухайн үеийн физикчдэд дасахад амар байв. Янз бүрийн зүйлийн хувьд тооцоо хийгдэв. Тэгээд эхлээд Гейзенбергийн онол болон Шредингерийн онол гаднах хэлбэрийн хувьд огт өөр учраас өөр өөр онол гэж ойлгох хүн олон байв. Тэгтэл Дирак гэдэг залуу гарч ирээд энэ хоёр онол бол адилхан юм гэдгийг баталчихав. Энэ явдал их хурдан болж өнгөрөв. Гейзенберг матриц механикийг бүтээсэн 1925 он, Шредингерийн онол гарч ирсэн нь түүний дараах жил, Дирак энэ хоёр онол адил зүйл гэдгийг хэлсэн нь 1926 он хавьд. Ердөө л гурван жилийн дотор. Бас нэг дургүй хүргэмээр нь эд бүгд 20-оод насных байлаа. Онцгүй байгаа биз. Нас ахимаг хүмүүстээ хийх юм үлдээ л дээ гэмээр.

Гэхдээ хувьсгалын жилүүд гэдэг ийм л үеийг хэлдэг. Түүхийг харахад ямар ч үед хувьсгалын үед залуучууд уламжлал болсон зүйлийг дагалгүй өөрийн дураар далавчаа дэлгэдэг. Нэг онол байгаад тэр нь амжилт олох боловч шинэ гэхээсээ гүнзгий тал руугаа үзэгдэл гарч ирснээр тэр онол дахин будагдан өөрчлөгдөхөөс аргагүй болдог талтай. Тиймээс, Ньютоны бүтээсэн макро ертөнцийн онол буюу Ньютоны механик нь микро ертөнцийн молекул, атом зэрэг маш хязгаарлагдмал хэсгийн онол болмогц шал өөр онол мэт болдог. Ийм л зүйл явагдаж байдаг. Ингэж шинэ нөхцөл байдалтай тулгарч ирэхэд асуудлыг шийдэх нь залуу хүмүүс юм. Ньютоны механик бага багаар микро ертөнцийн үзэгдэлд тохируулаад ирэхээр хууль, зарчмыг шинэ болгох шаардлага бий болно. Ийм нөхцөл тулгарахаар өмнө хийгдсэн судалгааны үр дүнгүүдийг нэгтгэн хараад ийм хэсгийг өөрчлөх шаардлагатай гэх хүн, мэдээж хэрэг ямар нэг хэмжээгээр тухайн онолыг хангалттай сонирхож байсан, ийм нөхцөл байдлыг хангалттай олон даван туулсан хүн л асуудлыг шийддэг. Энэ их сонирхолтой гэж бодож байна.

Ер нь бол, академик түвшин болон хувийн чадвар нь аятайхан тохирч байхгүй бол ингэж чадахгүй юм. Ингэж чадаагүй нь шалтаг тоочих л болдог. Өөрийнхөө чадварын түвшингээс хараад нэг их сайхан ажиллах нөхцөлтэй таарсангүй, тиймээс л сайн ажил хийж чадсангүй гэх мэтээр. За энэ яахав, тоглоом шоглоомоор.

Юкава багш хүчтэй харилцан үйлчлэлийн санааг дэвшүүлээд тэр нь дайны дараахан хурдасгуур дотор болон сансрын туяаны хувьд явагддаг үзэгдэл дээр батлагдав. Үүнээс нэг их удалгүй үйл явдал нэлээд огцом өрнөлөө.

1950-аад оны сүүл орчмоор Юкава мезоныг хүртэл зохиомлоор гаргаж авах болсон бөгөөд хурдасгуур ашигласан туршилт, үүнтэй зэрэгцэн сансрын туяаны туршилтын үед дараа дараалан өмнө нь байгаагүй эгэл бөөмс нээгдэв. Байгалийн ухаанд ямар нэг тогтсон хандлагаар авч үзэж байсан ертөнцийг илүү шинэ судалгааны аргыг эзэмшээд тэр нүдээрээ харахад ертөнц өөрчлөгдөх буюу илүү баялаг болох нь ойлгомжтой. Ийм л цаг үед буюу 1955 онд гэнэтийн үйл явдал болов. Тэр нь сансрын туяа дотор, тэр үед тета гэж нэрлэгдэж байсан эгэл бөөм болон тау бөөм нээгдэв. Эдгээрийн хувьд, парити⁴ буюу тэгшлэг гэж нэрлэгддэг, эгэл бөөмсийн маш энгийн үндсэн шинж чанар ялгаатай байв. Тэр үеийн мэдлэгийн түвшнээс хэлэхэд энэ тета ба тау бөөм нь ялгаатай бөөм байхаас аргагүй. Гэхдээ тэдгээрийн масс нь яг адил юм. Туршлагаас харахад ямар ч байсан тэнцүү. Шинж чанараараа ялгагдах бөөмсийн масс нь яагаад яг адилхан байна вэ? Энэ бол тау-тета зургийн (τ-θ puzzle) гол санаа юм.

Тэр үе болон миний судалгааны ажилд шамдан орсон үе хоорондоо 10 орчим жилийн зөрөөтэй. Ийм зөрөө бодит амьдрал дээр ч мэдэгдэнэ. Тиймээс миний өмнөх үеийн судлаачид дундаас “Маскава, тэр тау-тета зураг чинь байна ш дээ, тэгшлэг нь хадгалагдахгүй байвал болно гэдгийг би бас анзаарсан л байсан шүү дээ” гэх хүн олон байлаа. Тиймээс, гол нь тэнд байгаа гэдгийг ойлгоод байгаа хэдий ч ингэвэл амжилттай болж магад шүү гэдгийг анзаарах явдал юм.

Тау-тета гэх шинж чанараараа ялгаатай бөөмсийн масс яагаад тэнцүү байна вэ гэдэг “зурагт” өгсөн нэрийг сонсохоор ойлгохоор, тэгээд дэлхийн бүх хүмүүс анхааралтай харж байна. Өгүүлэл маш ихээр хэвлэгджээ. Тэдгээр дотроос Ли⁵, Ян⁶ гэдэг Хятад эрдэмтэд өмнөх ажлуудын үр дүнг оновчтойгоор боловсруулан энэ тау-тета зурагт хамаарах тайлбар хийн зургаан төрөлд хуваажээ.

Нэг өгүүлэл ойролцоогоор 4-5 нүүр байдаг. Тийм өгүүллийг нэг нэгээр нь уншиж дүн шинжилгээ хийн үүнийг ийм ийм шалтгаанаар авч үлдэхгүй, тэр нь бас тийм гэх мэтээр хамгийн сүүлд нэг л зүйл үлдэв. Бидний ертөнц зүүн барууныг нь солиход өөр харагддаг. Микро үзэгдлийн дунд зүүн баруун тэгш хэмтэй бус үзэгдэл байж болно гэсэн боломж л үлдэв. Харин бидний макро ертөнцөд ийм зүйл болохгүй. Үүнийг хэрхэн шалгах вэ? Кобальт-60 изотопын цөмийн спин нь 5. Маш их хэмжээтэй спинтэй учраас соронзон моментийнх нь хэмжээ төдий их байна. Тэдгээрийг гадны соронзон оронд оруулахад тэр үеийн технологийн хэмжээнд ч гэсэн нэг эгнээнд жагсааж чаддаг. Үүнийг ашиглан бета задрал хэрхэн хийгдэхийг судлав.

Тэгшлэг хадгалагдаж байвал дээш гарч байгаа электроны тоо доош гарч байгаа электроны тоотой тэнцүү байх ёстой. Нөгөөтэйгүүр тэгшлэг хадгалагдахгүй байвал ялгаатай байна гэж хэлж болно. Энэ маягаар тэгшлэг хадгалагдаж байгаа эсэхийг шалгах боломжтой гэж онцлов. Тэгээд энэ үзэгдлийн туршлагын цөмийн физикч чадварлаг эмэгтэй Вү⁷, би нэлээд намхан боловч энэ эмэгтэйтэй нуруугаа чацуулахад надаас намхан байсан. Сэтгэл татам сайхан эмэгтэй бөгөөд энэ хүн Ли, Ян нарын тэгшлэг хадгалагдахгүй гэж хэлснийг туршлагаар баталсан юм.

⁴ parity

⁵ Tsung-Dao Lee

⁶ Chen Ning Yang

⁷ Chien-Shiung Wu

Энэ туршилт явагдахаас бага зэрэг өмнө, тэр үеийн Европ тивийн тэргүүлэх эрдэмтэн Паули багшаас “Ли, Ян нар ийм зүйл хэлээд байх юм. Багш, та юу гэж бодож байна вэ?” гэж хэн нэг нь асуусан гэнэ. Өмнө нь ч дурьдаж байсны дагуу Паули эрдэмтэн онолын асуудалд их хатуу ханддаг байсан учраас муухан өгүүлэл бичсэн байвал шууд л уурлаад базаад хаядаг хүн байсан. Тиймээс нэг тийм онигоо үлдсэн байдаг. Америкт, Юкава мезоныг гаргаж авах хурдасгуур бүтээжээ. Нээлтийн баяр ёслолд эгэл бөөмсийн судалгааны тэргүүлэх эрдэмтэн болох Паулиг хүрэлцэн ирэхийг урьжээ. Тэгтэл очно шүү гэсэн хариу хэлсэн байна. Тэр үе бол 1950-аад онд байсан онгоц нь Америкийн цэргийн зориулалттай онгоц байв. Тэгээд Америк руу цэргийн онгоцоор очих болжээ. Ёслолын ажиллагаа эхлэх гээд удаан хүлээсэн боловч ирсэнгүй. Яасан юм бол доо гэж байтал цахилгаан ирсэн нь онгоц эвдэрсэн тул очиж чадахгүй гэж. Харин хурдасгуурыг бүтээсэн хүн Паули гуай ирээд уурлавал хурдасгуур эвдэрчих байх гэж санаа зовж байжээ. Гэхдээ тэрнээс өмнө онгоц эвдэрсэн учраас хурдасгуур бүтэн үлдэв. Иймэрхүү шог яриа үлдсэн байдаг юм. Яагаад үлдсэн гэж хэлэв ээ гэхээр би тэр хүнтэй уулзаж байгаагүй бөгөөд би 1960-аад оноос судлаач болсон учраас ийм ам дамжин ирсэн яриаг л сонссон.

Ийм л зантай Паули эрдэмтэн маань, Ли, Ян нар тэгшлэг хадгалагдахгүй гэж хэлж байна, юу гэж бодож байна гэж асуухад шууд л “Бурхан багш солгой гэж бодохгүй байна” гэж хариулсан гэдэг. Яагаад гэдгийг мэдэхгүй ч баруун зүүн тэгш хэмгүй гэдгийг илэрхийлэхийн тулд бурхан багш баруун гэж бодохгүй байна гэж хэлдэггүй байх нь ээ. Яагаад солгой гэж. Гэсэн ч Ву эрдэмтэн, Ли, Ян нарын дэвшүүлсэн тэгшлэг хадгалагдахгүй, бүүр маш их өөрчлөлттэй байна гэдгийг харуулсан. Энэ Ли, Ян нарын судалгаа яагаад чухал вэ гэвэл бурхан багш солгой гэдгийг баталсанд биш юм. Энэ тэгшлэг хадгалагдахгүй гэдэг үзэгдлээр дамжуулан тэр үе хүртэл сайн ойлгогдохгүй байсан сул харилцан үйлчлэлийн бодит төрх, бүтцийг нарийн тодорхой ойлгосонд юм. Эцэст нь тэгшлэг хадгалагдахгүй гэдгийг ойлгосон бөгөөд энэ нь маш том зөрчил болж байна.

Яагаад вэ гэвэл Фейнман⁸, Гелл-Ман⁹ нар түүнийг тайлбарлахдаа гүйдэл-гүйдэл (current-current) хэлбэрийн гэж нэрлэгдэх харилцан үйлчлэлийг 4 фермион бөөмийн үржвэрээр илэрхийлжээ. Энэ нь вектор гүйдэл, тэнхлэгийн гүйдэл (axial current) болон тэгшлэгийн шинж чанар нь яг таг эсрэг байх гүйдэл хэлбэрийн ялгаврын үржвэр хэлбэртэй гэдгийг Фейнман, Гелл-Ман нар нээсэн гэхээсээ илүү ийм хэлбэрээр тайлбарласан байна.

Гэхдээ эгэл бөөмсийн физикчид тэгш хэмд маш их дуртай. Тиймээс тэгшлэг хамгийн ихээр зөрчилтэй байхад ч гэсэн, Фейнман, Гелл-Мань онолыг сайтар ажиглавал тэгшлэг хадгалагдахгүй гэж байгаа хэдий тэгшлэгийн хувиргалттай хамт эгэл бөөм эсрэг эгэл бөөмийг сольж тавиад хараарай. Эгэл бөөм, эсрэг эгэл бөөмийн байрыг нь солих хувиргалтыг charge conjugate гэж нэрлээд C-ээр тэмдэглэдэг. Гэтэл зөрчигдөөд байсан нь үгүй болов. CP-ийн хувьд хадгалагддаг гэдгийг Фейнман, Гелл-Ман нарын онолоор тодорхой болов. Онолын хувьд яг энэ талаар ярих зүйл зөндөө боловч гүйдэл-гүйдэл хэлбэртэй болсноор олон зүйлийг ойлгон олон янзын түүх баримт байдаг боловч өнөөдрийн ярих гол зүйл энэ биш учраас ингээд орхиё.

⁸ Richard Feynman

⁹ Murray Gell-Man

CP тэгш хэм байдаг талаар ойлгож мэдлээ. Гэхдээ үүнээс 5 жилийн дараа Фич¹⁰, Кронин¹¹ нар CP тэгш хэм, сул харилцан үйлчлэлээс ч бага буюу 300-ны нэг орчим нь зөрчигдөж байдгийг нээв.

Энэ нэлээд эртний яриа мэт сонсогдож байгаа ч тэр үеийн эгэл бөөмсийн физикчид бид зөвхөн Японд ч биш дэлхий нийтэд ийм амьдралаар амьдарч байлаа. Одоо бол шинэ өгүүлэл гэвэл өгүүлээ бичээд интернетээр хайвал препринт сервер гэдэг төхөөрөмжөөр дамжин интернет руу дамжуулагдана. Тэгээд ирсэн болгоныг нь аваад байвал жанк мэйл шиг болохоор хэд ирэхийг таахын аргагүй. Тиймээс эгэл бөөмийн талаарх өгүүлэл гэж сонгоод хэд хоногийн дараа нээнэ. Тиймээс өнөөдөр дэлхийн хаана ч байсан мэдээллийн хувьд адилхан гэсэн үг. Орон нутагт амьдарч байгаа болохоор мэдээлэл хоцорч ирдэг гэж хэлэх аргагүй.

Одоо ийм судалгааны орчин байгаа ч бидний үед хэвлэгдсэн шинжлэх ухааны өгүүллийн цуглуулан бичсэн сэтгүүл байдаг байлаа. Нэлээд үнэтэй. Долоо хоногийн сэтгүүл авдаг шигээ худалдан авах боломжгүй. Үндсэндээ юу вэ гэвэл унших хүний тоо асуудал болно. Ийм сэтгүүлийг хэвлэхэд маш их өртөгтэй боловч зарах тоо нь бага учраас үнэтэй байдаг. Тиймээс нэг лабораторид нэг төрлийн сэтгүүл нэгийг л авахаас өөр аргагүй. Тэгэхээр судлаач бүхэн л түрүүлээд уншихыг хүсэх учраас нэлээд тэмцэл өрнөдөг байв. Үүнийг шийдвэрлэхийн тулд нэг арга хэмжээ авдаг байлаа.

Юу вэ гэвэл жижүүр томилоод судлаачдын дунд дарааллаа шийднэ. Энэ долоо хоногт чи уншаад бусдадаа мэдээлээрэй. Дараа долоо хоногт чи... гэх мэтээр. Ингэхээр залуу судлаачдын хувьд маш хүнд. Яагаад гэхээр сэтгүүлд бичигдсэн өгүүллийг бүгдийг нь уншаад ойлгоод илтгэх хэрэгтэй. Залуу хүний хувьд ойлгоход бэрх өгүүлэл тааралдана. Түүнийг хүний өмнө илтгэнэ. Яг л шалгалт өгч байгаа юм шиг. Муухан шиг тайлбар хийвэл “Маскава, юу вэ, буруу яриад байна” гэх мэтээр хэлүүлнэ. Ийм маягийн сонсголыг англиар journal club гэж нэрлэдэг. Ийм нэг ярианд бэлдэхэд хэдэн өгүүлэл аваад уншаад ойлгоод мэдээлэх гэж явахад CP зөрчил, Фич, Клонин нарын өгүүлэл байлаа.

Уншаад ойлгосонгүй. Мэдээж хэрэг. Дөнгөж орж ирсэн хүнд ийм амархан ойлгогдчих эд биш. Тэгээд тэрхэн зуур за за энэ тийм ч сүрхий өгүүлэл биш юм чинь орхиё гэж бодлоо. Гэхдээ л нэг хэрэг хийсэн хүн шиг, харьцангуй эрч хүч зарцуулан илтгэв. Энэ CP тэгш хэмийн зөрчил нь эгэл бөөмийн онолд ямар үүрэгтэйг ойлгосонгүй. Би ч биш, дэлхий нийтийн насанд хүрсэн судлаачид ч бас адил байсан байх. Үүнийг тайлбарлах онол тун удалгүй гарч ирлээ. Тэр нь тав дахь харилцан үйлчлэл бөгөөд маш сул учраас одоо болтол туршилтаар илэрсэнгүй. Өөр шинэ харилцан үйлчлэл байдаг, тэр нь өөрөө CP тэгш хэмийн зөрчилтэй гэсэн тайлбар бий болов. Гэсэн ч энэ нь эгэл бөөмийн судлаачдын дунд өргөн дэлгэрсэнгүй. Мэдээж хэрэг. Ийм үзэгдэл явагдаж байна. Тийм үзэгдэл явагдаж байгаа гэсэн хүчийг оруулж өгнө гэдэг нь таамаглал дүгнэлт хоёр адилхан гэх маягийн л юм болж байна.

Тэр тийм ч миний хувьд бол толгой эргүүлсэн асуудал байсан тул хүндхэн байв. Тэр үе 1960-аад он гэдэг чинь маш их замбараагүй байсан үе бөгөөд хурдасгуур ашигласан туршилт сайжрахын хэрээр Юкава багшийн маань дэвшүүлсэн хүчтэй харилцан үйлчлэлтэй холбоотой үзэгдэл хүүе гэхийн завдалгүй гараад ирэв. Гэхдээ үзэгдлийг тайлбарлах онол, туршлагаар ажигласан үзэгдлийн хоорондох зохицлыг тайлбарлах гэх үү цэгцлэх гэх үү нэг тийм онол хөгжиж эхэлсэн боловч яагаад ийм тэр онолд яагаад ийм болчихов гэдгийг тайлбарлах суурь

¹⁰ Val Fitch

¹¹ James Cronin

санаа байсангүй. Харин ч дэлхий нийтийн хүмүүс энэ явагдаж байгаа үзэгдэл нь Томонага багшийн бий болгосон оронгийн онол гэж нэрлэгдэх онолоор тайлбарлагдахгүй гэсэн бодолтой байдаг. “Дарга” нарын тоогоор онол байгаа мэт тийм нөхцөл байлаа. Мэдээж хэрэг, манай улсын “дарга” болох Юкава багш мөн оронгийн онолоор энэ онол илэрхийлэгдэхгүй гэсэн үзэлтэй байв.

Миний багш болох Саката¹² багш бас, Саката загвар гэж нэрлэгдэх кварк загварын суурь бие болох тун чухал онолыг дэвшүүлсэн байдаг. Ийм суурь эгэл бөөмийг илэрхийлэх механик гэвэл, шинэ жилээр лабораторид уулзалт болоход Саката багш заавал мэндчилгээ маягийн зүйл хийдэг байв. Тэр үед өнөө жил зайлшгүй хувьсгал гарна. Гейзенбергийн тэр онолоос харахад яг 10 жилийн үелзлэлийн төд дэх жил учраас ийм ийм салбарт тийм тийм сайхан ажил гарч ирсэн. Ирэх жил Гейзенбергийн тэр онолоос харахад 7 жилийн үелзлэлийн тэд дэх жил нь таарч байна. Тиймээс хувьсгал зайлшгүй гарна гэж. Энэ бол багш залуу хүмүүсийг урам зориг өгч дэмжиж байсан гэж боддог юм. Хувьсгал гарах жил болохоор сайн ажил хийцгээе гэж залуучуудыг уриалан дэмжиж байсан гэж бодож байна. Зарим нэг утгаар нь бодож үзээд “шалтгаан тоочигч багш” гэж нэрлэдэг байв.

Манай лабораторид бүгд тэрний тэр гэх мэтээр хоёр үг бүхий хочтой байлаа. Энэ нь миний үед дуусан байх. Кобаяши¹³ хочгүй байсан. Намайг “наргианч Маскава”, Оонүки багшийг ямар ч асуудлыг шийдэж чаддаг байсан болохоор “ухаалаг Оонүки” гэдэг байв. Саката багш бол “шалтгаан тоочигч Саката”. Физикийн хувьд эрх мэдлийг хүлээн зөвшөөрч эрх мэдэлтэй хүний бичсэн өгүүлэл л маш чухал гэвэл буруу бодсон байна гээд загнуулна. Эрх мэдлийг шүтдэггүй гэсэн мөртөө нэг удаа Саката багш эрдэм шинжилгээний хуралтай гээд Токио яваад ирэхдээ бидэнд тэр нутгийн чихэр авчирч өгөв. Тэр үед “энэ бол тийм тийм газрын бүтээгдэхүүн болохоор амттай шүү” гэж хэлэв. Тэгтэл лабораторийн нэг залуу ямар ч зай завсар өгөлгүй “багш аа, энэ өгүүлэл Гейзенбергийнх болохоор мундаг шүү” гэж хэлэв. Дараа нь түүнийг давах гэсэн баахан учир шалтгаан тоочив.

Жишээлбэл, нэг удаа шүүлэг өгч байтал гэнэт гэрэл тасрав. Хэн нэг нь “тог тасарчихлаа” гэлээ. Тэгтэл санаандгүй Саката багш лабораторид өлгөөтэй байдаг тэр үеийн баттерейгаар ажилладаг цагийг харав. Харчихсан юм болохоор тэр нь мэдээж явж байлаа. Тэгээд “өө, явж л байна ш дээ” гэж хэллээ. Үүний дараагаар цахилгаан дамжуулалт, баттерейн ялгааг анзаарсан. Юу гэх нь вэ гэсэн чинь “Одоогийн нөхцөл байдлыг цахилгаан дамжуулахаа больсон байна гэж хэлэх ёстой. Тог тасарлаа¹⁴ гэвэл цахилгаан харилцан үйлчлэл бүх ертөнцөд байхгүй болсон гэсэн утгатай болно гэв”. Нэг иймэрхүү маягийн л хүн. Үүний дараагаар олон онигоо байдаг.

Саката багш маань түрүүн хэлсэнчлэн эгэл бөөмийн нэгдмэл загвар, эгэл бөөмс маш олон байдаг боловч тэдэн дунд нийтэд нь нэг суурь болж чадах эгэл бөөм байна гэсэн санаа дэвшүүлэн эцэст нь Гелл-Манн кварк загварт хүрсэн бөгөөд үүний механик нь оронгийн онол зэргээр илэрхийлэгдэхгүй болов уу гэж боддог байсан. Ямар нэг шинэ зүйл болоод байна. Тиймээс жил болгон хувьсгал гарна. Ийм л цаг үе байлаа.

Бүүр хэтрэхэд Америкийн Жефри, Чү нарын эрдэмтэд эгэл бөөмсийн дунд суурь болох эгэл бөөм гэж байхгүй. Эгэл бөөм бол бие биенийгээ бий болгож байдаг гэж. Энэ 3 дугаар бөөм бол

¹² Саката Шоичи

¹³ Макото Кобаяши

¹⁴ Энэ үгийг монголчлон орчуулж байна. Японы хадмал орчуулга нь цахилгаан зогслоо гэсэн утгатай.

энэ энэ хоёроос, харин 1 дүгээр бөөм бол энэ энэ хоёроос үүснэ. Тиймээс суурь эгэл бөөм гэж байхгүй гэж дэвшүүлэв. Ийм л цаг байлаа.

Мөн манай улсын “дарга” Юкава багш мөн эгэл орон зай гэсэн айхавтар зүйлийг. Эгэл бөөм бол хугацаанаас хамааран тэлж байдаг гэж. Хугацааны хувьд тэлнэ гэдэг ойлголт нь SF (science fiction) –д гардаг цаг хугацаагаар аялахтай л төстэй зүйл бөгөөд авцалдаагүй ухагдахуун юм.

Юкава багш уур нь хүрэхээр аймшигтай, аянга буухтай л адил. Тийм мундаг багшаас аянга буувал үлдэх юм байхгүй. Гэхдээ миний уур хүрсээр хүрсээр. Юкава багшийн хугацааны дагуу тэлдэг гэсэн санаа алдаатай биш үү гэдгийг аянга буусан ч яахав гэж бодон зориг гарган хэлэв. 95% орчмыг яриад байтал эцэст нь “тиймээс Юкава багшийн санаа алдаатай юм биш үү” гэж хэлдгийн даваан дээр “багш аа, уулзалт эхлэх гэж байна” гэсэн үг тасалдуулав. Үүний ачаар одоо хүртэл амьд ийм юм яриад явж байна даа.

Ийм л цаг үе байлаа. Доод хэсэгт шинэ урсгал байв. Тэр нь Вайнберг¹⁵, Салам¹⁶ нарын цахилгаан соронзон харилцан үйлчлэлийг сул харилцан үйлчлэлтэй нэгтгэсэн гейж (gauge) онол гэдэг гарч ирэв. Түүнээс доошхи урсгал гэвэл оронгийн онолын хувьд яагаад энэ онол болохгүй байна вэ, ер нь аль хүртэл хэрэглэгдэх юм бэ гэсэн дүн шинжилгээ хүртэл нарийвчлан хийгдэв. Эдгээр зүйлсийн үндсэн дээр 1971, 1972 онд до хүүхт, Бэлтман-до хүүхт гэдэг их сонирхолтой үг байв. Энэ нь голланд хэлээр бөгөөд жижиг t үсгийн өмнө таслал байх бөгөөд хүүхт. Ямар утгатай үг вэ гээд голланд хүнээс асуусан чинь the гэдгийг бага зэрэг өөрчилсөн дуудлагатай угтвар үг. Хүүхт гэдэг нь толгой. Тиймээс хүчээр орчуулбал тэргүүн. Дараа нь уулзахдаа “тэргүүн гэсэн үг юм уу” гэсэн чинь инээгээд хариулсангүй.

25 орчим насанд бодоход хүндрэлтэй гейж онолоор хувиргалт хийх боломжтой гэдгийг харууллаа. Томонага багшийн хувиргалтын онолд хүртэл математикийн тэгшитгэл маш их гарч ирдэг боловч тэнд нь дугуй зураад маш нарийн онолыг математикийн тэгшитгэл ашиглалгүй зургаар, тойрог зурах, тойрог дотор цэгийг дайран өнгөрч байгаа зэргээр зураад тэгшитгэл ямар утгатайг тэмдэгт ашиглан хэлнэ. Энэний 3 дахинаас үүний 2 дахиныг хасаад дахиад үүнийг хасвал тэг болно гэх мэтээр хувиргах боломжийн талаар тайлбарласан нь дэлхийн бүх хүмүүсийг алмайруулсан. Тиймээс мэдээж хэрэг иймхэн зүйлээр батлагдах ёсгүй гээд бодитоор судалгаа хийсэн хүн хүртэл байдаг. Гэхдээ энэ нь до хүүхтийнхэн алдаж байна гэсэн утгаар биш хатуу үгний дараа зөөллөдөг шиг ажил юм.

Энэ түвшинд надад CP тэгш хэмийн зөрчлийн талаар хэлэх цаг болсон гэж бодогдов. Би Токиод, Кобаяши Нагояд CP тэгш хэмийн зөрчлийн чухал тал, судалгаа хийх хэрэгтэй юу гэдэг талаар бодож байсан юм.

Тэгээд тэр 1972 онд Киотогийн их сургуульд шилжиж ажиллав. 4 сард гэрээ төвхнүүлэх гээд завгүйхэн байв. 5 сарын амралтын дараа уулзлаа. Нагояд байхад нь хүртэл хамт судалгаа хийж байсан, хамтарч өгүүлэл бичиж байсан болохоор одоо хамтарч нөгөөдөхөө дэвшүүлэе, ямар нэгэн юм хийе гэж хэн хэн нь хэлэлгүйгээр аяндаа л боллоо.

Тэгээд дэвшүүлээ. CP тэгш хэмийн зөрчил байхад болох уу? До хүүхтийнхэн гейж онол яг тооцоолдог онол болгосон болохоор түүнийг хэрэглээд CP тэгш хэмийн зөрчлийн талаар ямар нэг юм хэлэх боломжтой. Их хүлээстэй гэх үү, чөлөөт байдал бараг байхгүй онол учраас тийм тийм юмны Кобаяши-Маскавагийн хамаарал гэх үү, нэг тийм хамаарлын тэгшитгэл маягийн

¹⁵ Steven Weinberg

¹⁶ Abdus Salam

юм гаргах болов уу гэж бодов. Ингээд хоёулаа бодлоо. Үнэхээр ч анзаарсан зүйл маань нэлээд ярвигтай, бүүр хэт ярвигтай. CP тэгш хэмийн зөрчил болгож чаддаггүй. Үндсэндээ юуны тухай яриад байна гэхээр тэр үед 3 төрлийн кварк нээгдсэн байсан бөгөөд 4 төрлийн кварк байдаг гэвэл олон сонирхолтой зүйл хэлж болно гэж бүгд ярьдаг байв. Математикаар бол нэг мөсөн $2n$ ширхэг кварк байна гэж үзээд ерөнхий онол бий болговол тэгээд төгсөнө гэсэн үг. Гэхдээ эгэл бөөмийн хувьд тийм биш. Яагаад вэ гэхээр 100 ширхэг эгэл бөөм авч үзээд сонирхолтой онол бий болгосон ч бодит амьдрал дээр тайлбар хийгдэхгүй учраас юм.

Тэр үед, кварк нь хамгийн ихдээ 4 төрөл байх юм гэсэн санаа байлаа. Үнэндээ бид нар 6 төрлийн үндсэн кварк загварын талаар өгүүлэл бичихэд ахмадууд маань бага багаар өөрчлөгдөж байлаа. “Маскава, үнэхээр кварк 6 төрөл байх юм уу?” гэж асууж ч байв. Ийм л цаг үе байлаа. Тэр түвшинд мэдээж хэрэг бид ертөнцийн амьдралын нэг хэсэг болохоор 4 үндсэн кваркийн загвар ашиглан судалгаа хийе гэж бодож байсан. Гэхдээ л сайн болж өгсөнгүй. Хэн нэг нь 4 үндсэн кваркийн загварыг орхиё гэж хэлсэн. Энэ удаад санаандгүйгээр, усанд орж байхдаа би энэ загвараар урагшаа ахихгүй байна гэсэн өгүүлэл бичье гэж санаа шулуудав. Хүн дахиад амьдралаа шинээр эхэллээ гэхэд Кобаяши ийм бодолтой байх байсан ч юм бил үү. Энэ кваркийн төрлийн асуудлаар 4-ийг орхиод боломжгүй гэсэн өгүүлэл үзэмжгүй учраас ихэсгээд 6 төрөл болгоод бодож үзэцгээе.

Ийм шийдэл гаргасан үед эндээс цааших хэсэг агшин зуур л тодорхой болов. Яагаад вэ гэхээр 4 үндсэн кваркийн загварын талаар олон зүйлийг судлаад гүйцсэн байсан болохоор 6 болохоор ямар зүйл болох вэ гэдгийг хуруу даран тоолох хугацаанд л дуусгав. Ямар ч байсан CP тэгш хэмийн зөрчил бий болно гэдгийг баттай мэдэж, маргааш нь Кобаяшигай уулзахад ийм маягаар ярьж гэсэн чинь тэр одоохондоо энэ талаар огт бодоогүй байлаа. Бага зэрэг толгойгоо доош нь болгоод бодож байгаад “нээрээ тийм дээ” гэж хэллээ. Ингээд бидний ажил бараг дууслаа.

Гэхдээ онолчийн хувьд өөр хувилбар, янз бүрийн хувилбар бодож үзээд 6 үндсэн кваркийн загвар хамгийн тохиромжтой гэсэн үр дүнд хүрлээ. 1978 онд Токиогийн эрдэм шинжилгээний хурал – эгэл бөөмийн салбарт хамгийн том олон улсын хурал бөгөөд санамсаргүй л Японд болох ээлж нь болоод хурлын хамгийн сүүлд summary talk буюу дүгнэлт яриа хийх хүн нь Намбү багш байв. Намбү багш олон салбарт хэлэлцүүлэгдсэн судалгаануудыг нэгтгээд CP тэгш хэмийн зөрчлийн талаар ярьж эхлэв. Энэ талаар олон дүгнэлт гарч байсан хэдий ч Кобаяши-Маскава нарынх боломжийн гэж хэлэв.

Тэр орой, Шинжүкү их дэлгүүрийн дээд давхарт хүлээн авалт болсон учраас найз нараа дагуулан баяр тэмдэглэнэ гэж хэлээд очлоо. Тэмдэглэсэн гэх үү сайн мэдэхгүй байгаа ч найз нар маань баяр тэмдэглэж байгаа юм чинь гээд 2 литрийн аягаар пиво хүчээр уулгав. Насанд хүрсэн хүн юм чинь баяр тэмдэглэж байгаа юм чинь хүчээр уулгасан гэж хэлэхгүй байх л даа. Тэр үед Токиод амьдарч байсан болохоор гэртээ харилаа. Яаж харьснаа ч санадаггүй юм.

Үүний дараагаар нэлээд хэцүү юм болов. Юу вэ гэвэл CP тэгш хэмийн зөрчлийг Маскава, Кобаяши нарын хэлснээр болох нь уу гэдэг талаар батлахаар төсөл хэрэгжиж эхлэв. Гэхдээ таг кварк бодож байгаагүйгээр хүнд байсан учраас барьж байгуулах хурдасгуурын энерги хангалтгүй, амжилтгүй болов. 1994 онд таг кварк нь ямар ч байсан нээгдлээ. 2002 онд таг кварк болон кваркийн төлөв хүртэл оруулаад явж явж CP тэгш хэмийн зөрчил бидний онолоор болно гэдэгт хүрэв.

Жинхэнэ онолоос өөр зүйл ярьж байгаа боловч хэлэх гээд байгаа зүйл маань 60-аад онд маш их замбараагүй байдал газар авч байлаа. Энэ замбараагүй байдлын дунд бэлтгэгдэж байсан

Вайнберг-Салам нарын нэгдсэн онолоор, До хүүхт-Белтман нарын хувиргалтын онолыг ашиглан замбараагүй байсан зүйлүүдийг нэгтгэн ерөнхийлж нэгэн загвараар тайлбарлаж болно. Мөн миний ярьсан зүйл СР тэгш хэмийн зөрчлийн талаар болж байгаа хэдий ч олон янзын салбар дахь үзэгдлийг ийм л загварын дунд ойлгох боломжтойг батлав.

Хэлэх гээд байгаа зүйл маань замбараагүйдлийн үед янз бүрийн санааг хэн дуртай нь хэлдэг. Ер нь л нэг айл нэг зүйл гэсэн маягаар байдаг. 60-аад онд нэг дарга байвал нэг онол заавал байдаг. Ийм онол бол нийгмийн шинжлэх ухаанд “таамаглалаас шинжлэх ухаан руу” гэдэг ном байдаг хэдий ч тийм биш шинжлэх ухаанаас таамаглал руу явж байсан үе байсан гэж би хэлээд байгаа юм. Үнэхээр ч янз бүрийн зүйл хэлдэг л дээ. Гэхдээ ийм судалгааны дунд дараагийн үеийн үр өсөн бий болж залуу авъяаслаг До хүүхт нар бий болон дараагийн загварын тулд бэлтгэгдэж эхэлсэн юм. Үүнээс 30 жилийн туршид загвар маань дараа дараалан туршлагаар батлагдав. Тиймээс онолч хүний хувьд сонирхолгүй. Туршилтын хүний хувьд ийм онол тохирч байна, онолд тохирсон үр дүн гаргаж байгаа болохоор онолч хүний хувьд идэвхтэй оролцох үе гарахгүй.

Гэхдээ 2002 онд СР тэгш хэмийн зөрчил үндсэндээ эцсээ хүртлээ бидний онолоор тайлбарлагдах юм уу гэсэн санаанд хүрсэн боловч энэ таамаглал дунд иймэрхүү маягаар зөрчигддөг юм биш үү гэсэн үзэгдэл харагдаж эхлээд байгаа нь мэдрэгдэж байна. Мөн эцсийн дүгнэлт хийгээгүй байгаа хэдий ч ингэж батлах бэлтгэл ажил хийгдээд Европын холбооны улсын бүтээсэн хурдасгуур, энэ зуур эвдэрсэн гэх мэтээр яригдаж байгаа хэдий ч одоо ажиллаж байна. Түүрүүн хэлж байснаар шинээр хүсэл сонирхол болж супер тэгш хэмтэй холбоотой асуудал, хиггстэй холбоотой үзэгдэл гарч ирэн, өнгөрсөнтэй адилаар онолчийн хэлснийг туршлагаар батлахаар зорьж байна. Гэхдээ нарийн явц нь өөр юм. Байгаль ертөнц илүү олон янз юм аа. Онолчид ерөнхий араг ясыг бодож олоод түүн дээр үндэслэн таамаглал дэвшүүлж байна. Гэхдээ байгаль ертөнц түүнээс илүү баялаг. Дотроос нь шинэ зүйл олон нээгдэж байна. Бид одоо ийм орох хаалган дээр зогсож байна уу даа, цээж түгшсэн бяцхан охин шиг л байна гэж бодож байна.

Ийм зүйл магадгүй сонингийн эхний нүүрэнд гарах байх гэж бодож байна. Гарч ирэхээр нь тэр үед ярьж байсантай холбоотой яриа байна даа, бага зэрэг ялгаатай зүйл байна шүү гэх мэтээр. Бага зэрэг ялгаатай хэсэг нь чухал хэсэг бөгөөд түүнийг л над мэтийн хүмүүс хүлээж байна. Таамагласан дагуу болвол сонирхолгүй. Ялгаатай хэсэг байвал будааны үр, бодож үзэх үндэс нэмэгдэж байна гэсэн үг. Тиймээс энэ насан дээр ирчихээд маргааш өглөө эртхэн хурдхан шиг сонин авахаар очоод эхний нүүрийг хардаг заншилтай болоод байна.

Орчуулсан: Ц.Амартайван

МУИС, Цөмийн Судалгааны Төв

ФИЗИКИЙН БАГШ МЭРГЭЖИЛТЭН ГЭЖ ХЭН БЭ?

Проф. Б.Бурмаа

*Монгол улсын их сургууль***Оршил**

Чадварлаг багшийг бэлтгэх нь багш бэлтгэдэг их, дээд сургуулиудын үндсэн зорилтын нэг бөгөөд энэ нь нийт боловсролын системийн хувьд стратегийн чухал ач холбогдолтой юм. Багш нар маань өмнөх үед ч, одоо ч хичээлээ зааж, цаашдаа ч заах нь мэдээж. Ийнхүү багш нар маань хийдэг ажлаа хийж байхад, багшийн хөгжил, хичээлийн хөгжил гэдгийн дор юуг ойлгож, юуг хэрэгжүүлэх гэж байгаа юм бэ? гэсэн асуулт гарч болох юм. Бидний амьдарч буй нийгэм, үнэт зүйлийн үнэлэмж, боловсрол гэсэн ухагдахууны утга санаа хүртэл өөрчлөгдөж байгаа болохоор багшийн хөгжлийн талаар ярих шаардлага гарч ирдэг. Өнөөдөр их сургуулиар бэлтгэж байгаа ирээдүйн багш нар суралцах явцдаа ямар мэдлэг, чадвар эзэмших ёстой вэ? ийм мэдлэг чадвартай болсоныг нь яаж үнэлэх вэ? гэдэг асуудал нь боловсролын шинжлэх ухааны суурь судалгаанд ч хичээл сургалтын практик амьдралд ч боловсролын бодлогын түвшинд ч чухлаар тавигдах болсон байна.

Физикийн багш бид нараас хэн нэгэн хүн та ямар мэргэжилтэй вэ? гэж асуувал “Би багшийн мэргэжилтэй” гэж, та юуны багш вэ гэвэл “ Би физикийн багш “ гэж хариулах нь мэдээж. Ингэж хариулж байгаагийн учир нь бид багш бэлтгэдэг их сургууль төгссөн, бидний эзэмшсэн мэргэжлийг диплом дээр “физикийн багш” гэж бичсэн байдаг. Харин физикийн багш хүн мэргэжилтэн (Professional, expert) мөн үү? Физикийн багшийн мэргэжлийн мэдлэг (Professional Knowledge), мэргэжлийн цогц чадамж (Professional competence) нь юу вэ гэж асуувал бид бүгдээрээ ижилхэн хариулт хэлэх нь юу л бол. Энэхүү олон янзын хариулттай байж болох асуудалд шинжлэх ухааны үндэслэлтэй хариулт өгөх зорилготой боловсролын суурь судалгаанууд сүүлийн үед дэлхийн түвшинд хийгдэх болсон байна. Энэ чиглэлийн зарим судалгааны үйл явц, үр дүнгээс товч танилцуулахыг зорилоо.

“Professional Competence of Teachers, Cognitive Activating Instruction, and the Development of Students’ Mathematical Literacy) COACTIV- судалгааны хөтөлбөр (Forschungsprogramm)

Энэхүү судалгааны хөтөлбөрийг Герман улсын Макс- Планкийн нэрэмжит боловсрол судлалын хүрээлэн ба хэд хэдэн их сургууль хамтран хэрэгжүүлж байна. Судалгааны тодорхой асуудлууд дээр АНУ, Англи, Израил, Тайван, Швецари зэрэг олон орны эрдэмтэд зөвлөгчөөр ажилладаг юм байна. Хөтөлбөр нь 2003 оноос эхлэн тодорхой үе шаттайгаар хэрэгжиж байгаа бөгөөд судалгааны эхний шатны үр дүн болон судалгааны туршид хэвлэгдсэн бүхий л өгүүлэлийг багтаасан ном зүй бүхий 400 хуудастай бүтээлийг хэвлэж боловсролын салбарын хамт олонд хүртээснийг багш нар маш их сонирхон хүлээн авч байгаа юм байна.

СОАСТIВ– судалгаа нь сурагчид эзэмших ёстой цогц чадамж (competence, literacy) , үүний тулд хэрэгжүүлэх танин мэдэхүйг идэвхижүүлэх хичээл (*Cognitive Activating Instruction*), ийм хичээлийг явуулах багш мэргэжилтний цогц чадамж (Professional Competence of Teachers) –ийн онолын загварыг боловсруулж, математикийн багш үзэл санааг математикийн багш мэргэжилтний хувьд нарийвчлан дээрх ухагдахуунуудыг тодорхойлсон байна.

Судалгаанд дэвшигдсэн ерөнхий асуудлууд нь:

- Нэгд: Багш болохыг хүссэн хүн өөрийн эрхлэх мэргэжлийн онцлогтой ажлыг удаан хугацаанд, амжилттай гүйцэтгэхийн тулд хувь хүний хувьд ямар урьдчилсан нөхцөлийг хангасан байх ёстой вэ гэдгийг онол ба туршилтын (theoretisch und empirisch) түвшинд илрүүлэх зорилго тавьсан. Багшийн ажил нь мэргэжлийн ажил мөн үү? Багш нь мэргэжилтэн хүн мөн үү? гэсэн асуултыг хөндөж багш мэргэжилтний ажил үйлийн онцлогийг гаргахын тулд мэргэжлийн онол, байгууллагын онолын үзэл баримтлалд суурилан судалгаа хийжээ. Мэргэжил ба мэргэжилтний тухай судалдаг классик онолд (klassische Professionstheorie) хууль ба эмчийн, мэргэжлийг голчлон авч үзэж эдгээрийг мэргэжлийн бус ажил үйлээс ялгах, мэргэжилтэнг мэргэжилтэн бус (amateur)ялгах оролдлого хийдэг юм байна. Мэргэжлийн онол ба системийн онолд мэргэжилийг тодорхойлдог олон тооны шалгуур үзүүлэлтийн дотор мэргэжилтэн хүн нь тодорхой бүлэг хүмүүст үйлчилдэг гэсэн үзүүлэлт нилээд чухалд тооцогддог. Мөн мэргэжилтэн хүн тодорхой байгууллагад ажилладаг учир сургууль гэдэг байгууллагын онцлогийг боловсрол ба байгууллагын онолын үүднээс гүнзгийрүүлэн судалсан байна. Энэ чиглэлээр хийгдсэн суурь судалгаанд багшийн ажил бол мэргэжлийн ажил бөгөөд “*Багш мэргэжилтэн гэдэг нь сургууль гэдэг байгууллагад хичээл гэдэг гол ажлыг хариуцан сурах гэж байгаа хүнд үйлчилдэг мэргэжилтэн*” юм гэсэн санааг илүү илэрхийлж байна гэж миний бие ойлголоо. Улмаар багшийн үндсэн ажил болох хичээл нь ямар байх ёстойг мөн судлан “танин мэдэхүйг идэвхижүүлдэг хичээл” (cognitive activating instruction) – ийн талаар бие даасан судалгааг хийжээ.
- Хоёрт: Судалгаанд багш мэргэжилтний цогц чадамжийг (Professional Competence of Teachers) тодорхойлох онолын загварыг гаргах зорилго тавьсан. Үүний дор судалгааны хэд хэдэн дэд төсөл хэрэгжсэний нэг нь багш мэргэжилтний мэдлэгийн мужыг тодорхойлж түүнийг математикийн багш мэргэжилтний хувьд буулган математикийн багш болохоор сурч буй үе, математикийн багшаар цөөн жил ажилласан үе, туршлагатай багш болсон үеийн мэдлэг ямар байгаа болон ямар байх ёстойг онол ба туршилтын судалгаанд суурилан загвар боловсруулж, түүнийгээ үнэлсэн байна.

Багш мэргэжилтний мэдлэг (Professional Knowledge of Teachers)

Багш мэргэжилтэнд байх мэдлэгийг өмнө хийгдэж байсан судалгаануудын үр дүнг тооцон, цаашид нарийвчлан тодорхойлсон байна. СОАСТIВ-судалгааны хөтөлбөрт зөвлөхөөр

ажилласан гадаадын эрдэмтэдийн нэг болох Стенфордын их сургуулийн эрдэмтэн Шулманы (Lee Shulmann) 1980 –аад оны сүүлээр Харвардын их сургуулийн Harvard Educational Review сэтгүүлд хэвлэгдсэн “Knowledge growth in teaching”, “Knowledge and teaching of the new reform” гэсэн өгүүллүүд нь багш мэргэжилтний судалгаанд чухал байрыг эзэлдэг. Эрдэмтэн Шулман багшийн мэдлэгийг хэд хэдэн хэсэгт хуваан авч үзсэнээс орчин үеийн судалгаанд мэдлэгийн дараах гурван муж дээр төвлөрөх болсон байна. Эдгээр мэдлэгийг англи хэл дээр “Content knowledge(CK), pedagogical content knowledge (PCK), pedagogical knowledge (PK)” гэсэн ухагдахуунаар илэрхийлдэг бөгөөд бусад хэл дээр байгаа мэргэжлийн ном зохиолд эдгээр үгсийг тухайн хэл дээр утгачилан орчуулаад түүний ард CK, PCK, PK – гэж тэмдэглэх нь түгээмэл байдаг.

МУИС-ийн МДССТ-ийн судлаачид багш мэргэжилтний мэдлэгийн талаар англи ба герман хэл дээр хэвлэгддэг суурь судалгаанд тусгагдаг ухагдахуун, нэр томъёог монгол хэл дээр хөрвүүлэхдээ хэрэглэж ирсэн нэр томъёог энд мөн ашиглав.

СОАСТIV- судалгааны хөтөлбөрийн бүхий л материалууд нь герман хэл дээр хэвлэгдэж байгаа суурь судалгаа учир тодорхой ухагдахуунууд нь герман хэл дээр дараах байдлаар илэрхийлэгдэж байна. Үүнд:

- CK: Fachwissen – мэргэжлийн мэдлэг
- PCK: Fachdidaktisches Wissen- мэргэжлийн дидактикийн мэдлэг
- PK: Сурган хүмүүжүүлэх ухаан, сэтгэл судлалын мэдлэг.

Багш мэргэжилтний мэдлэг нь айн онцлогтой (domaenspezifisch) бөгөөд тухайн мэргэжилтэнг хэрхэн бэлтгэж байгаагаас хамаарна гэж үзсэн байна. Судалгаанд математикийн багш мэргэжилтний мэдлэгийн мужуудыг :

- CK : Математикийн мэдлэг
- PCK: Математикийн дидактикийн мэдлэг.
- PK: Сурган хүмүүжүүлэх ухаан, сэтгэл судлалын мэдлэг.

гэж тодорхойлсон бөгөөд эдгээрийн утга санааг дараах байдлаар илэрхийлж байна:

- Багш мэргэжилтний хувьд сурч буй хүн бүрд ашиг тустай, өгөөжтэй дэмжлэг үзүүлж, танин мэдэхүйг нь идэвхижүүлэх хичээлийг явуулахад хэрэгтэй хамгийн чухал нөөц мэдлэг нь **мэргэжлийн дидактикийн мэдлэг** юм. Энэ нь математикийн багш мэргэжилтний хувьд математикийн дидактикийн мэдлэг гэсэн үг.
- Мэргэжлийн мэдлэг үгүйгээр мэргэжлийн дидактикийн мэдлэгийн талаар ярих боломж үгүй. Тухалбал математикийн шинжлэх ухааны мэдлэг нь математикийн дидактикийн мэдлэг эзэмших урьдчилсан нөхцөл нь болно. Гэхдээ **математикийн мэдлэг нь математик дидактикийн мэдлэгийг орлож чадахгүй.**

- Сурган, сэтгэл судалын мэдлэг нь анги зохион байгуулах, сурах процессийг бүхэлд удирдан зохин байгуулж, сурагчдыг нийгэмшүүлж төлөвшүүлэхэд чухал үүргийг гүйцэтгэнэ.

СОАСТIV-судалгааны хөтөлбөр одоо ч үргэлжлэн нарийвчилсан судалгаануудыг хийж байгаа бөгөөд дээр дурьдсан мэдлэгийн муж бүрийн дор юуг авч үзэх талаар олон тооны судалгааны өгүүллэгүүд хэвлэгдэж байна. Үүнээс гадна багш мэргэжилтний мэдлэгийн талаарх судалгааг бусад мэргэжлийн багш нарын хувьд ч хийх болсон. Энд байгалийн ухааны багш мэргэжилтний хувьд хийгдсэн нэгэн судалгааны талаар товч танилцуулая.

Item Development Model for Assessing Professional Knowledge of Science Teachers, ProwiN-судалгаа

Герман улсын боловсрол шинжлэх ухааны яамны дэмжлэгтэйгээр “Байгалийн ухааны багшийн мэргэжлийн мэдлэг” сэдэвт судалгааны хөтөлбөр 2011 оноос эхлэн хэрэгжсэн байна. Энэхүү судалгаа нь эхний ээлжид багш мэргэжилтний мэдлэгийг илэрхийлэхэд хамгийн чухал гэж үзэж байгаа дээр дурьдсан гурван төрлийн мэдлэгийн талаар гарсан судалгааны материалуудад анализ хийж судалгааны орчин цагийн түвшинг тогтоосон байна. Судалгаанууд ерөнхийдөө математикийн багшийн жишээн дээр хийгдсэнийг онцлон багш мэргэжилтний мэдлэгийн мужуудыг ерөнхийгөөс тодорхойд нарийвчлан буулгах судалгаа одоогоор зөвхөн математикийн багш мэргэжил дээр төвлөрч байгааг дурьдсан байна.

ProwiN -судалгаанд дэвшигдсэн гол асуудал нь багш нарын мэргэжлийн мэдлэг, энэхүү мэдлэг нь хичээл сургалтын ажилд ямар нөлөө үзүүлж байгааг илэрхийлэх загварыг бүтээж үүнийг анх удаа байгалийн ухааны (физик, хими, биологи) багшийн хувьд авч үзэж буйг онцлон судалсан байна. Байгалийн ухааны энэхүү гурван хичээлийн үйл явц нь харилцан адилгүй ч гэсэн туршилт ба загварыг хэрэглэх ерөнхий зарчим нь ижил байдаг.

Мэргэжлийн мэдлэг ба мэргэжлийн дидактикийн мэдлэг нь айн онцлогтойг дурьдаадал алинд нь декларатив ба процедурал мэдлэгээр илэрхийлсэн. Үнэлгээнд мэргэжлийн дидактикийн мэдлэгт туршилт, загвар ба үзэл баримтлал, сурагчдын өмнөх төсөөллийн алаарх мэдлэг, сурган хүмүүжүүлэх мэдлэгт анги удирдах, хичээлийн аргууд, хувь хүний сурах процесс, сургалтын амжилтын үнэлгээг авсан байна. Энэхүү судалгааны хамгийн чухал асуудал нь мэдлэгийг үнэлэх даалгавар, тестийг боловсруулсан арга зүй юм. Энэ талаар тусгайлан судлах шаардлагатай тул энэхүү товч мэдээллээр хязгаарлах нь зүйтэй гэж үзлээ.

Дээр дурьдсан олон орны эрдэмтэд оролцсон суурь судалгааны материалуудтай танилцсаны үндсэн дээр “Физикийн багш мэргэжилтэн гэж хэн бэ?” гэсэн асуултад хариулахыг оролдлоо.

Физикийн багш нь сургууль гэдэг байгууллагад, физикийн хичээл гэдэг ажлыг хариуцан физикийг сурах гэж байгаа сурагчдад үйлчилдэг багш мэргэжилтэн юм. Физикийн багш мэргэжилтний хамгийн чухал мэдлэг нь **физикийн дидактикийн мэдлэг** юм. Физикийн шинжлэх ухааны мэдлэггүйгээр физикийн дидактикийн мэдлэг эзэмших боломж үгүй. Гэхдээ физикийн мэдлэг нь физикийн дидактикийн мэдлэгийг оролж чадахгүй. **Физикийн дидактик нь физикийн хичээлийг хэрхэн төлөвлөж, явуулж, үнэлэн сайжруулах болон хичээл дээр физикийг хэрхэн сурах ба багшлах асуудлыг физикийн шинжлэх ухаан, сурган хүмүүжүүлэх ухаан, суралцахуйн сэтгэл судлал, социологи, шинжлэх ухааны түүх зэрэг олон шинжлэх ухааны уулзвар дээр авч үздэг интердисциплин шинжлэх ухаан** юм.

Багш мэргэжилтний мэдлэг, чадварын асуудал нь зөвхөн дунд сургуулийн багш төдийгүй их, дээд сургуулийн багш нарт ч хамаатай шинээр дэвшигдэж байгаа асуудал юм. Орчин цагийн дээд сургуулийн дидактикт “ Professor” – гэж хэн бэ? гэдэг асуултыг тавьж, түүнд дидактикийн шинжлэх ухааны үүднээс хариулт өгөх болсон байна. Хүн яаж сурч, яаж гадаад мэдээллийг боловсруулж өөрийн гэсэн утга санааг өгдөг талаар судалдаг танин мэдэхүй, суралцахын сэтгэл судлалын орчин цагийн онолын парадигмийн мэдлэг үгүй, оюутны бие даасан идэвхитэй сурах орчинг (материалаг, үйлийн, сэтгэлзүйн орчин) бүрдүүлэх сурган хүмүүжүүлэх ухааны орчин цагийн онолын баримжаагүй өөрийнх нь толгой дотор байгаа мэдлэг оюутны толгой уруу шууд дамждаг юм шиг бодож зөвхөн тодорхой шинжлэх ухааны агуулга бүхий лекцээ дуржигнуулдаг хүн бол сайн эрдэмтэн байж болно харин профессор биш гэсэн санааг илэрхийлж байна. Гадаад орны их дээд сургуулиуд багш нарынхаа дээд сургуулийн дидактикийн мэдлэг чадварыг дээшлүүлэхийн тулд дидактикийн төвүүд байгуулж, модул хөтөлбөрүүдийг боловсруулан сертификат бүхий сургалт явуулах болжээ. Түүнчлэн их, дээд сургуулийн эрдэмтэн багш нарыг зөвхөн эрдмийн ажлын чансаагаар үнэлэхээс гадна сайн сурган хүмүүжүүлэгч, сайн багш гэсэн утгаар нь үнэлэх саналыг дэмжин тусгай сангууд буй болж, багш нарыг урамшуулах болсон байна.

Ном зүй:

- Baumert, J., Blum, W., Brunner, M., Dubberke, T., Jordan, A., Klusmann, U. et al. (2008). Professionswissen von Lehrkräften, kognitivaktivierender Mathematikunterricht und die Entwicklung von mathematischer Kompetenz (COACTIV): Materialien aus der Bildungsforschung. Nr. 83. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV (2011). Publikation in der Nationalbibliografie. <http://dnb.d-n.de>
- Oliver Tepner, Andreas Borowski et al. Item Development Model for Assessing Professional Knowledge of Science Teachers. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften; Jg. 18, 2012.

- Park, S. & Oliver, S. J. (2008). Revisiting the conceptualization of pedagogical content knowledge (PCK): PCK as a conceptual tool to understand teachers as professionals. *Research in Science Education*, 38 (3), 261–284.
- Б.Бурмаа, Ж.Даваасамбуу. Багш мэргэжилтний мэдлэг, чадвар. “Гурван эрдэнэ (багш, шавь, ном)-ийн шинэчлэл”- олон улсын э/ш-ний бага хурлын илтгэлийн эмхэтгэл. х. 5-17. УБ. 2013.
- Was ist eigentlich ein Professor/eine Professorin? Was ist Hochschullehre? (2008) Thomas Steizer-Pothe (Hrsg) Kompetenzen in der Hochschullehre. Merkur Verlag Rinteln, 22-24.
- С.Даржаа, Б.Бурмаа ба бусад. Дээд сургуулийн багш нарын дидактик ур чадварыг дээшлүүлэх сургалтын хөтөлбөр. Судалгааны төслийн тайлан. УБ, 2012

ЦАХИЛГАА СОРОНЗОН ГЭЖ ЮУ ВЭ?

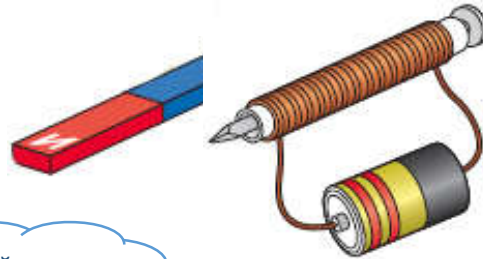
Ж.Дөлгөөн, .Ганбат



Энгийн соронзон, зайнд холбосон зүрхэвчтэй ороомог нь хоорондоо юугаараа ялгаатай юугаараа ижил болохыг ярилцаарай.



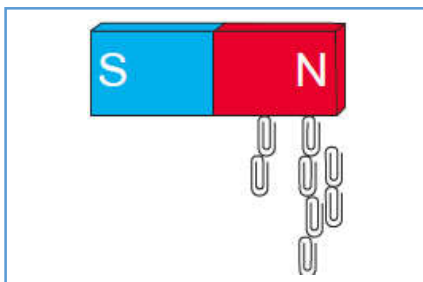
*N болон S туйл
байгаа юм болов уу?*



*Хэрэв зай байхгүй
бол яах бол?*

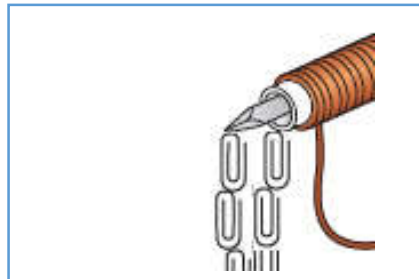


Гүйдэлтэй ороомогт, соронзон шиг N ба S туйл байдаг уу? Бичгийн хавчаар, луужин ашиглан туршилтаар шалгацгаая.



*Соронзон бичгийн
хавчаарыг татаж байна.*

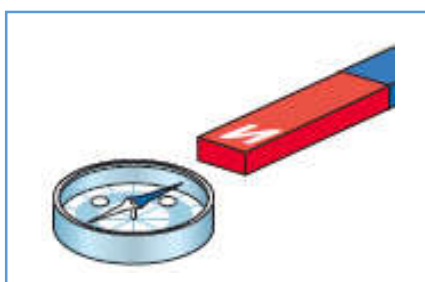
1



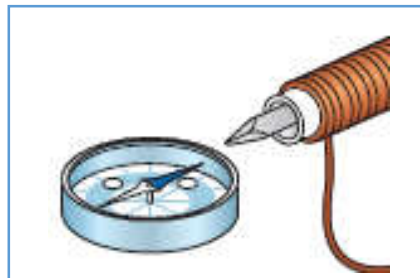
Гүйдэлтэй ороомог бичгийн хавчаарыг соронзон шиг татаж байна. Харин зайг салгахад татахгүй байна.



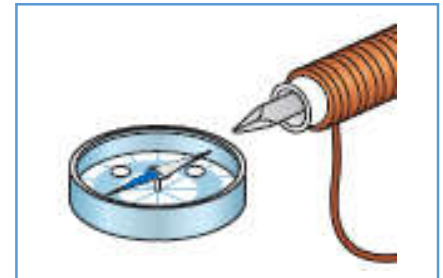
2



*Луужин болон соронзны
ижил туйлууд түлхэлцэж,
эсрэг туйлууд таталцсан.*



*Соронзонтой адил
луужингийн зүүтэй
татлцаж, бас түлхэлцэж
байсан.*



*Зайд холбосон утасны
үзүүрийг сольж гүйдлийн
чигийг өөрчлөхөд ороомгийн
туйл нь солигдож байна.*

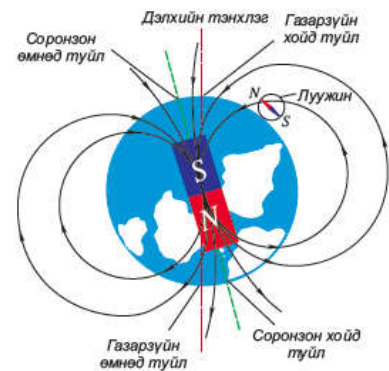


Ороомгоор гүйдэл гүйлгэхэд тэрээр соронзон чанартай болдогийг бид харлаа. Зүрхэвчтэй ороомгийг цахилгаан соронзон гэдэг.

ТА ҮҮНИЙГ МЭДЭХ ҮҮ?

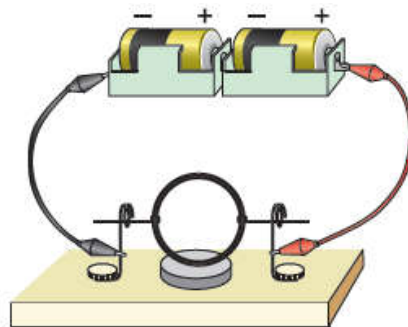
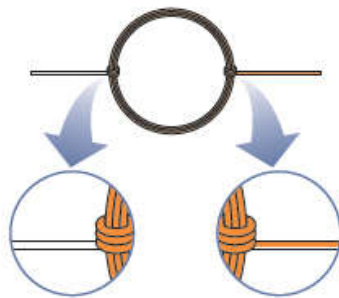
Эртний Грекүүд 2000 жилийн тэртээ соронзонг ашиглаж байжээ. Тэд соронзон чанар бүхий соронзон чулуулгийг олборлодог байв. Хэрэв соронзонг чөлөөтэй хөдлөхөөр тавибал түүний өмнөд туйл үргэлж дэлхийн өмнө зүгийг, хойд туйл нь хойд зүгийг заадгийг Грекүүд олж мэджээ.

Дэлхийн соронзон туйлууд газарзүйн туйлуудтай давхцдаггүйн улмаас луужингийн зүүний тэнхлэг газарзүйн медиантай давхцдаггүй юм. Иймд луужингийн зүү хойд ба өмнөд зүгийг ойролцоогоор заана.



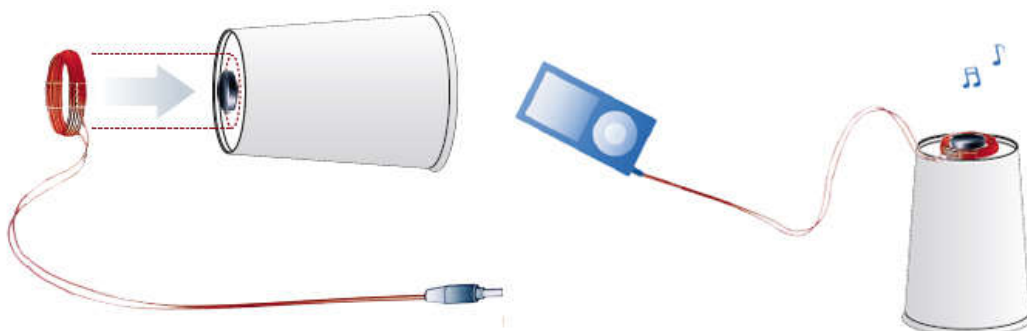
Гүйдэлтэй ороомог соронзонтой харилцан үйлчлэх хүчийг ашиглаад хөдөлгүүр хийе.

- Самбарын үзэгний гэр дээр ороомог орооно.
- Утасны үзүүрүүдийг эргэлтийн тэнхлэг болгон хоёр тийш нь гаргана.
- Нөгөө үзүүрийг хагаслан шалбална.
- Нэг үзүүрийг бүтэн шалбална.
- Ороомгийг бичгийн хавчаартай холбож, гүйдэл гүйлгэнэ. Ороомгийндоор соронзон тавихад хөдөлгүүр ажиллана.



Цаасан аягаар чихэвч хийе

Цаасан аяганы ёроолд жижиг соронзон нааж түүнийг тойруулан хялгасан зэс утсаар ороомог ороож тогтооно. Ороомгийнхоо хоёр үзүүрт чихэвчний хөгжмийн залгуур холбож хөгжмийн гаралтанд өгнө. Ингээд хөгжмөө сонсох чихэвч бий боллоо.



ОЛОН УЛСЫН ФИЗИКИЙН ОЛИМПИАДАД СУРАГЧДАА ХЭРХЭН БЭЛДДЭГ
ТУРШЛАГААС

Проф. Б.Бурмаа

Монгол улсын их сургууль

Өмнөтгөл

Энэ оны 7-р сард олон улсын физикийн олимпиад (International Physics Olympiad, IPhO) 46 дахь жилдээ зохион байгуулагдаж, дэлхийн 80 гаруй улс оролцсон байна. Энэхүү тэмцээнд манай орны сурагчид мөн оролцдог тул олон улсын олимпиадад хэрхэн бэлдэж, ямар үйл ажиллагааг зохион байгуулдаг талаарх бусад орны туршлагыг сонирхдог багш, сурагчдад зориулан ХБНГУ-ын жишээн дээр энэхүү мэдээлийг боловсрууллаа. Герман улсын сурагчид байгалийн ухааны боловсролын чиглэлээр дараах уралдаан тэмцээнүүдэд оролцдог юм байна.

Үүнд:

- Internationale Junior Science Olympiade (IJSO),
- in Biologie (IBO), Chemie (IChO) und Physik (IPhO),
- Europäische Science Olympiade (EUSO)
- BundesUmweltWettbewerb (BUW).

IPhO-ын үйл ажиллагааг хаана хариуцдаг вэ?

ХБНГУ-д боловсролын асуудлаар суурь судалгаа хийдэг олон тооны хүрээлэнгүүд байдгийн нэг нь Лайбницийн нэрэмжит байгалийн ухааны дидактикийн хүрээлэн (Institut fuer Paedagogik der Naturwissenschaften, IPN) юм. Тус хүрээлэн нь байгалийн ухааны боловсролын чиглэлээр суурь судалгаа хийдэг бөгөөд физик, хими, биологийн дидактик ба сурган хүмүүжүүлэх ухаан, сэтгэл судлалын салбаруудтай. Тодорхой асуудлуудыг энэ бүх салбарын эрдэмтэдийн оролцоотойгоор судалдаг. Хүрээлэнгийн судалгааны нэг чиглэл нь байгалийн ухааны боловсролыг дэмжих хичээлийн гадуурх сургалт ба тэмцээнүүдийн үйл ажиллагааг судлаж сурагчдын авьяасыг хөгжүүлэх асуудал юм байна. Судалгааны гол зорилго нь:

- Авьяасыг дэмжих дээр илүү төвлөрч сурах урьдчилсан нөхцөл ба сурах процессийг судлан тодорхойлох,
- Сургалтын орчин ба сургалтыг дэмжих үйл ажиллагааг байгууллага болон системийн түвшинд задлан шинжлэх.

ХБНГУ-ыг төлөөлөн “Internationalen Olympiaden in Physik” товчоор IPhO-д оролцох багийн гишүүн болохын тулд хувь хүн (сурагч) ямар замыг туулдаг вэ?

- IPhO-д оролцох багийн гишүүний сонгон шалгаруулалт нь улсын хэмжээнд 4 үе шаттай явагддаг юм байна. Энэ ажлыг байгалийн ухааны олимпиадыг хариуцдаг дээр дурьдсан хүрээлэн (IPN) хариуцаж тус улсын боловсролын яамны дэмжлэгтэйгээр зохион байгуулдаг.

- Шалгаруулалтад ерөнхий боловсролын сургуульд сурдаг бүх сурагчид оролцох боломжтой. Харин оролцогч нь IPhO зохион байгуулагдах жилийн 7-р сарын 30 –нд хорин нас хүрээгүй байх ёстой.
- Сонгон шалгаруулалт нь ээлжит IPhO явагдах жилийн өмнөх жилийн 4-р сараас эхэлдэг. Энэ нь 2016 оны IPhO-д оролцох багийн гишүүдийг сонгох үйл ажиллагаа 2015 оны 4-р сард эхэлсэн гэсэн үг юм.

Сонгон шалгаруулалтын 4 үе шат.

1-р шат:

- Энэ шатны шалгаруулалт нь 4-р сараас 8-р сарын хооронд явагддаг.
- Сургуулиудад сурагчдын бодох бодлого буюу даалгаваруудыг тараадаг.
- Даалгаварыг гэрийн даалгавар хэлбэрээр гүйцэтгэнэ.
- Мэргэжлийн багш нар даалгаварын гүйцэтгэлийг шалгана.

Дараагийн шатны шалгаруулалтад 1-р шатанд шагналт байранд орсон сурагчид оролцоно. ХБНГУ нь 16 муж улстай бөгөөд зарим муж улсын хэмжээнд зохиогддог физикийн олимпиад ба байгалийн ухааныг дэмждэг нийгэмлэгүүдийн зохиодог уралдаан тэмцээнд тэргүүн байр эзэлсэн сурагчид мөн дараах шатны шалгаруулалтад оролцох эрхтэй юм байна.

2-р шат.

- Энэ шатны шалгаруулалт нь 9-р сараас 10-р сарын хооронд явагддаг.
- Даалгаварыг зөвхөн шалгарсан сурагчдад тараадаг.
- Даалгаварыг гэрийн даалгавар хэлбэрээр гүйцэтгэнэ.
- Даалгаварын гүйцэтгэлийг муж улсын хувьд харицсан мэргэжилтэн болон IPN дээр шалгана.

2-р шатны шагналт байранд орсон 50 орчим сурагч дараагийн шатны шалгаруулалтад оролцоно.

3-р шат.

- Энэ шатны шалгаруулалт нь 1-р сард явагдана.
- Аль нэг судалгааны төв дээр сонголт хийхэд зориулагдсан семинар зохион байгуулна. Семинар 7 хоног үргэлжлэх бөгөөд сурагчид онол ба туршилтын даалгаваруудыг гүйцэтгэж шалгалт өгнө.
- Физикийн мэдлэгийг гүнзгийрүүлэх чиглэлээр семинар хийж, илтгэл тавьж, экскурс зохион байгуулна.

3-р шатны шагналт байранд орсон 15 орчим сурагчдараагийн шатны шалгаруулалтад оролцоно.

4-р шат:

- Энэ шатны шалгаруулалт нь 4-р сард явагдана

- Аль нэг судалгааны төв дээр 7 хоногийн семинар зохион байгуулж сонголт хийнэ.
- Сурагчид онол ба туршилтын даалгаваруудыг гүйцэтгэж шалгалт өгнө.
- Семинар нь сурагчдын физикийн мэдлэгийг гүнзгийрүүлэхэд чиглэгдэнэ.

IPhO-д оролцох баг бүрдэнэ. (5 сурагчийг сонгоно)

6-р сард туршилтын арга бэлтгэх семинарыг Schleswig- Holstein муж улсад зохин байгуулдаг.

Энэ муж улсын нийслэл Кийл хотод дээр дурьдсан судалгааны хүрээлэн байралдаг.

7-р сард IPhO-д оролцоно.

Шат тус бүрийн даалгаварын онцлог:

Сурагчдад зориулсан мэдээлэл дээр шат бүрийн даалгаварын онцлогийг тайлбарласан байна.

- 1-р шат: Физикийн бүхийл бүлгийг хамарсан онолын 4 бодлогыг бодно. Физикийн сайн мэдлэг ба танил биш асуудлыг шийдэх бүтээлч сэтгэлгээ шаардагдана. Учир нь ихэнх бодлого нь физикийн сурах бичигт байдаггүй бодлого юм. Физикийн багш нарт даалгавар болон жишиг бодолт бүхий зааврыг бичгээр өгнө. Бүх мэдээллийг Download –хийж авах боломжтой (www.ipho.info)
- 2-р шат: Эхний давааг давсан хүмүүс 9-р сард илүү хүнд даалгаварыг хүлээж авах ба мөн гэртээ даалгаварыг гүйцэтгэнэ. 1-р шатны даалгавар нь хичээл дээр боддог уламжлалт бодлого даалгавараас өөр байсан бол энэ удаа “ тархины эд эс” –д шинэ шаардлага тавигдана гэж илэрхийлээд энэ шатны даалгаварыг “ хатуу самар” гэж нэрлэсэн байна. Физикийн мэргэжлийн ном зохиол, интернет хоёр хамгийн чухал туслагчид гэж зөвлөсөн байна. Энд энгийн материал ашиглан тавигдсан асуудлыг туршилтын арга хэрэглэн шийдэх даалгавар анх удаа орж ирнэ. Бүтээлч сэтгэлгээнд хил хязгаар байхгүй гэж онцолсон байна. Бүх даалгаварыг гүйцэтгэж чааагүй ч цаашдаа ахиж дэвших сайн боломж байгаа талаар харйлаж “зориг”-той бахйг уриалсан байна.
- 3-р шат: Энд оролцохоор шалгарсан сурагчдад урилга илгээдэг. Семинарт оролцож, онол ба туршилтын даалгавар гүйцэтгэж шалгалт өгөхөөс гадна ижил зорилготой үеийн нөхөдтэй танилцаж, санал бодлоо солилцох боломж гардаг нь өмнөх шатуудад гаргасан хүч чармайлтын гол шагнал гэж үздэг юм байна. Энэ шатанд сурагчид тодорхой туршлага хуримтлуулж, шинэ танилуудтай болохоос гадна ном худалдан авах эрх, үнэмлэхээр шагнуулж, 4-р шатанд оролцох урилга хүлээж авна. 17 нас хүрээгүй сурагчдын хувьд Europäische Science Olympiade (EUSO)-д оролцох бэлтгэлийг двхар хангах боломж гардаг юм байна.
- 4-р шат. Энэ хүртлэх давааг давсан хүмүүс дараагийн шатанд орох 15 оролцогч-ийн нэг болох боломжтой. Тавигдах шаардлага илүү өндөр болно. Бодлого даалгавар нь олон улсын олимпиадын даалгаварт баримжаалан боловсрогдоно. Семинарын үед эрдэмтэдтэй уулзаж ярилцах боломж гардаг. IPhO-д оролцох 5 сурагч олимпиад болох

орон уруу явах нисэх онгоцны билетээс гадна “Deutsches Volk” – сангийн стипендийг авах эрх авдаг. Өөр 10 сурагчид мөнгөн шагнал ба аль нэг судалгааны төвд практик хийх шагнал оногддог

Сурагчидаас ямар чадварыг шаарддаг вэ?

Зөвхөн физикийн сурах бичгийн мэдлэгтэйгээр IPhO-ын даалгаварыг гүйцэтгэх боломж үгүй. Физикийн асуудлыг шийдвэрлэх сонирхол хүсэл эрмэлзлэл, математикийн суурь мэдлэгийг эзэмшсэн, туршилт хийх туршлага хуримтлуулсан байх нь олимпиадад оролцох урьдчилсан нөхцөл болдог. Даалгаварт тавигдсан асуудлыг шийдэх арга замын талаар ерөнхий арга барилтай болох үүндээс бодлого бодох буюу асуудал шийдвэрлэх талаар эрчимтэй ажиллах нь чухал. IPhO-ын даалгаварын талаар жишээ бодлого бүхий мэдээллийг сурагчдад маш сайн өгдөг юм байна.

IPhO –ын шалгаруулалтанд оролцох хүсэл эрмэлзлэл (мотивац) юу вэ?

Шалгаруулалтад оролцсон сурагчдын хариултаас:

- *Сайхан хүмүүс:* “ Миний бодлоор IPhO – ын хамгийн гоё зүйл нь олон тооны сонихолтой сайхан хүмүүстэй танилцах явдал байсан”
- *Шаардлага:* Жинхэнэ хатуу шаардлага, сорил. Гаргасан амжилтаар өөрийгөө харуулах. Өөрийнхөө боломж хязгаарыг мэдэх.
- *Урам зориг:* “ Бодлого бодоход юу нь сайхан бэ гэвэл. Маш энгийн даалгавар байдаг, ялангуяа түүнийг шийдэх нь хялбар байдаг нь гоё. Энэ нь юу гэсэн үг вэ гэвэл төвөгтэй тооцоо байхгүй, ойлгомжтой, товч бодолттой, эхнээсээ эцсийг нь харж болохоор байдаг. Ийм шийдлийг өөрөө олох нь сайхан мэдрэмж төрүүлдэг”.

IPhO-ыг хариуцдаг хүрээлэн нь авъяас –ухагдахууныг өргөн хүрээнд ойлгож сурагчдын сэтгэх чадвар, олимпиадын бодлогын тавил зэрэг олон асуудлаар судалгаа хийдэг юм байна. Миний бие зөвхөн зохион байгуулалтын асуудлыг хөндлөө.

ХБНГУ-д физик сургалтын чанарыг дээшлүүлэх чиглэлээр өргөн хүрээтэй үйл ажиллагаа хэрэгждэг. Багш нарын арга зүйг шинэчлэх хөтөлбөрүүд нь үзэл баримтлалтай хүрсэн үр дүнгийн үнэлгээтэй, физикийн дидактикийн эрдэмтэн судлаачид нь зөвлөлгөө өгч, багш нар нь туршиж үзэх үйл ажиллагааг хамардаг. Өөрөөр хэлбэл давтан сургалт нь цөөн хоногоор биш хэдэн жилээр үргэлжилж үр дүнгээ гаргадаг. Харин физикийн олимпиад нь бүх нийтийн физи сургалтаас өөр байдлаар зохион байгуулагддаг юм байна.

Миний ойлгосоноор ХБНГУ-д физикийн олимпиадын гол зорилго нь улсаа төлөөлж оролцох багшийн гишүүдийг сонгох ажил юм байна. Физикт сонирхолтой сургалтын амжилт сайтай сурагчдыг дэмжих мөн тэдэнд шинжлэх ухааны үндэслэлтэй зөв шаардлага тавих ажлыг судалгаанд суурилан зохион байгуулдаг юм байна. Анзаарагдсан онцлог нь гэвэл:

- Үйл ажиллагаа нь нарийн төлөвлөгдсөн, шалгаруулалтад оролцох сонихолтой сурагчдад зориулсан мэдээлэл нь маш ойлгомжтой мөн нээлттэй тул хувь сурагч бүр хэний ч дэмжлэг үгүйгээр өөрөө бүртгүүлээд орох боломжтой юм. “Бодлогыг гэрийн даалгавар хэлбэрээр гүйцэтгэнэ” , “ Танд физикийн мэргэжлийн ном зохиол, интернет хоёр л тус болно” гэх мэт өгүүлбэр нь шалгаруулалтын бодлого, даалгавар нь физикийн хичээл дээрх даалгавараас өөр шүү гэсэн санааг илэрхийлдэг болтой .
- Сурагчид нь ёс зүйтэй, заль мэхгүй,хэнээс ч тусламж авахгүй шударга ажиллаж сурсан, багш нар нь олимпиадад хүүхэд бэлтгэх үүрэг хариуцлага хүлэдэггүй тул эхний шатны даалгаварыг интернетээр хэн ч үзэж болохоор тараадаг юм байна. Энэ нь эдийн засгийн хувьд маш хэмнэлттэй, шударга арга шиг санагдлаа.
- Бодлого, даалгаварыг хэн дуртай нь зохиодоггүй судалгааны хүрээлэн дээр боловсруулдаг. 1-р шатны даалгаварыг үнэлэх багш нарт даалгаварын гүйцэтгэлийн талаар жишиг болох зааврыг хүргүүлдэг нь үнэлгээний талаар маргаан гарахасуудлаас сэрэмжилсэн арга юм болов уу гэж бодов.
- Хувь хүний амжилтыг сургууль, багш нарын алдар гавъяа нэр хүндтэй холбодоггүй тул оролцогч сурагчид хэний ч өмнө хариуцлага хүлээхгүй зөвхөн өөрийнхөө хүсэл эрмэлзлэлд хөтлөгдөн, өөртөө хариуцлага хүлээн, өөрийнхөө боломж чансааг мэдэх, ахиж дэвших зорилгоор л шалгаруулалтад оролцдог болтой юм. Та ямар учраас IPhO-ын шалгаруулалтад оролцдог вэ гэсэн асуултад шалгаруулалтын тэргүүн байранд орсон сурагчдын хариулсан хариултын дотор” Би өөрөөрөө бахархаж байна, би медаль авсандаа баярлаж байна гэх мэт үг ер байхгүй харин сайхан хүмүүстэй танилцах, сорилыг давж өөрийн чансааг мэдрэх, асуудлыг зөв хялбар шийдэж урам зориг орох гэх мэт санааг илэрхийлсэн байх юм.
Олон улсын физикийн олимпиадад оролцдог улс бүр сурагчдаа шалгаруулах өөрийн гэсэн аргатай байх нь мэдээж. Манайх ч гэсэн өөрийн гэсэн арга барилтай тул бусдаас хуулах шаардлага байхгүй. Гэхдээ үйл ажиллагаагаа үр дүнтэй, оновчтой болгохын тулд бусдын туршлагаас санаа авах зүйл байж болох л юм.



АЯНГА

АНУ-д жилд 100000 аянга буудаг байна. Америкийн Аризона штатын Тусан хот дээр цахилж байгаа аянга.

Туйлын орчмоос бусад газар үргэлж цахилгаан цахилж аянга бууж байдаг. Оросын дундад муж орчмоор таван сараас аадар бороо аянгийн үе эхлэхийн хамт хавар ирдэг.

1500

Дэлхий дээр агшин бүхэнд дунджаар 1500 аадар бороо асгаж байдаг ба жилд болох энэ үзэгдлийн тоо 15 саяд хүрдэг.

50

Нэг секунд болгонд дэлхий дээр 50 аянга бууж байдаг.

500

Нэг аянгийн дундаж энерги 500 мегаджоуль байдаг.

1000

Ийм аянгийн энергиэр 1000 данх цай буцалгаж чадах ба энэ энерги нэг дундаж гэр бүлийн хэрэгцээг бүрэн хангана. Аянга буухад үүсэх цахилтын долгио буюу тэнгэрийн дууны энерги орчин тойрондоо дулаан болон сарнин алга болдог.

25%

Аянга цахилгааны 25% үүл ба дэлхийн хооронд, бусад нь үүлнүүдийн хооронд болдог.

100сая

Цахилгаан цахилах үе дэх үүлний хоорондох хүчдэл 100 сая вольт хүрдэг. Яаж аянга үүсдэг нь эдүгээ хүртэл бүрэн тайлагдаагүй.

15000

Хийн плиткийг асаах пьезо-асаагуурын хүчдэл 15000 вольт байдаг.

0.07

Хүний нервийн системийн нейроны цахилгаан потенциал 0.07 вольт орчим байна.

50000

Аянга бууж байгаа үед агаар дотуур явагдах хийн ниргэлгээ өнгөрөх сувгийн гүйдлийн хүч 50000 ампер хүрдэг.

0.1

0.1 ампер гүйдэл хэдхэн секундэд хүний зүрхийг зогсоож чадна. Аянга маш бага

хугацаанд үргэлжлэх тул аянгад цохиулсан хүний 50% амьд үлддэг байна.

1/5

Аянга 1/5 секунд үргэлжилдэг.

30000

Аянга бууж байгаа сувгийн температур 30000 градус хүрдэг нь нарны гадаргын температураас 5 дахин их юм. Ийм өндөр температурт агаар хөх өнгөөр гэрэлтдэг. Иймээс бидэнд аянгийн өнгө хөх мэт харагддаг.

Вокруг света 2013 оны 5-н сарын дугаараас орчуулсан
П. Түвшинтөр, Г. Шилагарди. 2015 он
 МУИС-ШУС физикийн тэнхим

МЕНДЕЛЕЕВИЙН ТАБЛИЦ ХИР УДААН НАСТАЙ ВЭ?

Эрик Скерри (Eric Scerri) Калифорнийн их сургууль

117-р элементийг нээснээр химийн элементийн үелэн давтагдах системд хоосон байр үлдсэнгүй

2010 онд Оросын цөмийн физикчид хэд хэдэн 117 дугаар элементийг синтезлэн гаргалаа гэсэн мэдээ ирлээ. Шинэ атомд эдүгээ хүртэл нэр өгөөгүй байна. Яагаад гэвэл заншсан уламжлалаар түүний оршин тогтнож байгааг дээр дурдсан эрдэмтдийн хийсэн туршлагаас огт өөр туршлагаар батлах ёстой билээ. Хэдий тийм болов ч 117 дугаар элемент Менделеевийн таблицад тогтмол байраа эзэлжээ. Нэгдүгээрээс эхлэн 116 дугаар хүртэлх элемент болон 118 дугаар элемент урд өмнө нь нээгдсэн бөгөөд 117 дугаар элемент олдсоноороо Менделеевийн таблицыг хамгийн доод талын эгнээн дэх хоосон байр хууль ёсныхоо эзэнтэй болжээ. Энэ бол шинжлэх ухааны түүхэнд тохиолдох онцлог үйл явдлуудын нэг юм. 1860 онд Оросын эрдэмтэн Д.И.Менделеев өөрийнхөө химийн элементийн үелэх системийг зохиож, түүнийг таблиц хэлбэртэй дүрслэхэд тэр үед мэдэгдэж байсан бүх элемент энд багтан орж тодорхой байр сууриа эзэлжээ. Хэдий тийм болов ч нэлээд хэдэн хоосон нүднүүд үлдсэн. Гэтэл Менделеев энэ хоосон нүднүүдийг одоо хараахан нээгдээгүй шинэ элементүүд эзэлнэ гэдэг зормиг санааг дэвшүүлсэн байна. Түүний энэ таамаглал туршлагаар олон дахин батлагдсан ч энэ таблицад хоосон нүднүүд үлдсээр л байв. Эдүгээ үед энэ түүх төгсжээ.

Хэрэв Менделеев амьд сэрүүн байсан бол өөрийнхөө ялгуусан үр дүнгээ харах байлаа.

Орчин үед цөмийн физикчид ахиад хэд хэдэн шинэ элемент синтезлэн гаргаж авбал үелэх таблицад шинэ мөр нэмэгдэж, тэнд бас хоосон нүднүүд буй болж, тэдгээрийг дүүргэх шинэ түүх эхлэхийг үгүйсгэх аргагүй. Менделеевийн таблицыг эцсийн хэдэн хэдэн нүдийг бөглөж эхлэхэд түүний гол зарчим болох үелэн давтагдах чанар алдагдах аюул нүүрлэж болох тэмдэг ажиглагдаж эхэллээ. Менделеев өөрийнхөө үелэн давтагдах таблицад үндэслэн ирээдүйд нээгдэх шинэ элементийн химийн шинж чанарыг хүртэл түүний энэ таблицад эзлэх байраас хамааруулан урьдчилан тодорхойлж чадаж байв. Энэ бүгд уул таблицыг суурь шинж болох үелэн давтагдах чанарт үндэслэгдсэн байлаа. Нээгдэж байгаа элементийн атомын дугаар ихсэх тусам түүний цөм доторх протоны тоо олширч, зарим элементийн атомууд үелэн давтагдах хуульд захирагдахгүй болох нь тодорхой болж ирлээ. Жишээлбэл: нэг баганад орших хоёр элементийн бусад атомуудтай үүсгэх химийн холбоос үелэх зарчимд захирагдахгүй байв. Энэ нь нэлээд хүнд атомын цөмийг тойрон эргэлдэх электронуудын хурд гэрлийн хурдтай дөхөж очиход релятив эффект илэрдэгтэй холбоотой юм. Физик талаас нь авч үзвэл, эдгээр атомууд релятив бөөм болсон тул Менделеевийн таблицад байх ердийн атомаас ялгагдах нь ойлгомжтой юм. Ийм атомын орбиталь бүхэн хэрхэн яаж өөрчлөгдөхийг урьдчилан хэлэх аргагүй билээ.

Үүнээс болж Менделеевийн таблиц дүүрэгдэхийн хэмжээгээр түүний урьдчилан хэлэх чадвар суларна гэсэн хэрэг юм.

Эхлэл үү, эсвэл төгсгөл үү?

Эдүгээ үед түүн дотор байрлах элементүүдийн дэс дараалал, тэдгээрийн тоо зэргээр ялгагдах хэдэн мянган таблиц зохиогдсон боловч эдгээр бүгдэд ерөнхий байдаг элементүүдийг атомын дугаар ихсэх дэс дараалаар байрлуулах, тодорхой тооны алхмын дараа элементүүдийн химийн шинж чанар давтагдах зэрэг үелэн давтагдах хууль хадгалагдсаар байна. Жишээлбэл Литийгээс эхлэе. Түүнтэй төстэй ойрхон байрлах элемент бол Натрий юм. Хоёулаа бараг хайчаар хайчилж болох зөөлөн металл бөгөөд устай хүчтэй харилцан үйлчилнэ.

Дараагийн элемент нь Калий гэх мэт. Менделеевийн дэвшүүлсэн анхны таблицад бүх үеийн урт адилхан найм байв. Удалгүй дөрөв ба тавдугаар үе найман элементтэй биш харин 18 элементийг агуулсан болох нь тодорхой боллоо. Иймээс эдгээр үеийг өргөтгөн Менделеевийн таблицын дунд орших шилжилтийн металлын бүлгийг бий болгов. Зуравдугаар үе бүр уртсаж 32 элементийг агуулахаас гадна дотроо Лантанидууд хэмээн нэрлэгдэх дэс дараалсан 14 элементийг агуулж байлаа. 1937 оноос эхлэн хэд хэдэн шинэ элементүүдийг синтезлэн гарган авлаа. Тэдгээрийн анхных нь Техниций байсан бөгөөд устөрөгчөөс эхлэн уран хүртэл 92 элементийг агуулсан Менделеевийн таблицын хоосон байгаа дөрвөн нүдний нэгийг эзлэв. Удалгүй бас гурван шинэ элемент нээгдсэнээс Астат ба Прометий хэмээх хоёр элементийг физикүүд синтезлэн гарган авсан ба гурав дахь элемент болох Франций байгалиас олджээ. Гэтэл таблицад байгаа бүх хоосон нүдийг дүүргэснээр асуудал дууссангүй Уранаас хүнд элементүүд олджээ. Эдгээр элементүүдийг таблицад байрлуулж эхлэхэд шинэ хоосон зай, нүднүүд үүслээ.

Орчин үеийн химийн гайхамшиг

Менделеевийн таблицын элементүүд түүний атомын дугаар ихсэх ба химийн шинж чанар давтагдах дарааллаар байрладаг. Эдгээр шинж гадвад орбиталуудын электроны тоогоор тодорхойлогдоно. Бага атомын дугаартай элементээс их дугаартай шилжихэд гадвад орбиталийн конфигурац үелэн давтагдах хуулиар өөрчлөгдөнө. Таваас аравдугаар элемент хүртэл эдгээр орбиталиуд р төрөл байх ба дараа нь 13-ас 18 хүртэл энэ байдал давтагдах гэх мэт (цэнхэр өнгө).

Шинэ орбиталь – шинэ блок

Ийм таблицыг 1927 онд Францын эрдэмтэн Шарль Жане (1849-1932) дэвшүүлжээ. Түүний доод талын мөр 119 ба 120-р элементийг нээснээр гадвад талдаа s төрлийн орбитальтай болно. 121 дүгээр элемент шинэ төрлийн d орбитальтай болж, түүнээс шинэ үе эхэлнэ.

Литий (Li) хоёр s орбитальтай. Түүн дээр гурван электрон байрлана (харуулсангүй). Борын (B) хоёр s орбиталь дээр дөрвөн электрон, гаднах р орбиталь дээр нэг электрон байрлана.

Хоёр буюу мөрийн дараа бүхэл элементүүдэд шинэ төрлийн электроны орбиталиуд бий болно. Жишээ болгон эдгээр орбиталуудын ганцыг дүрсэлэн үзүүлэв.

g-орбиталь
f-орбиталь
d-орбиталь
p-орбиталь
s-орбиталь

Америкийн физикч ба химич Гленн Сиборг (Glenn Seaborg) Торий ба Протактинийг урантай хамт мөн тэдгээрийн дараах арван элементийг нэгтгэн Лантаноидуудтай адилхан 14 элемент агуулсан нэг урт үеийг үүсгэж актиноидууд хэмээн нэрлэжээ. Эдгээр үеүд бүгд 14 элементээс тогтох бөгөөд таблицыг нүсэр болгохгүйн тулд энэ хоёр үеийг хүснэгтийн гадна талд тусгай байрлуулав.

Хорьдугаар зууны эхний хагаст химийн элементүүдийн байрлалд ажиглагдах үелэн давтагдах мөн чанар гүнзгий ул суурьтай бөгөөд квант физиктэй холбоотой болохыг илрүүлжээ. Юуны өмнө энэ шинж чанар атомуудын электроны орбит буюу орбитальтай холбоотой ажээ. Атомын орбиталиуд хэд хэдэн төрөл байх бөгөөд өөрсдийн хэлбэр хэмжээгээр ялгагдана. Их дэс дугаартай хүнд атомууд хөнгөн атомуудын адил орбиталиудтайгаас гадна өөр төрлийн нэмэлт орбитальтай байдаг. Нэгдүгээр үеийн элементүүд ганцхан s орбитальтай бөгөөд энд устөрөгч нэг электронтой, гелий хоёр электронтой байна. Хоёр ба гуравдугаар үеийн элементүүд нэмэлт s орбиталиудаас гадна бас гурван р орбиталиудтай. Дөрвөн s орбиталь бүхэн дээр нэгээс хоёр электрон суух тул ийм электронуудын тоо найм байна. Дөрөв ба тавдугаар үеийн

элементүүд S ба P орбиталиос гадна d орбитальтой тул электронууд байрлах 10 байр шинээр буй болж үеийн урт 18 хүртэл нэмэгдэнэ. Ингээд эцсийн хоёр үеийн элементүүд s , p , d , ба f орбиталиудтай тул үе бүхэн 32 нүдтэй байна (18+14). Дубна хот дахь цөмийн шинжилгээний институтийн Юрий Цолакович Оганесяны удирдсан баг 117 дугаар элементийг синтезлэн гаргасны дараа Менделеевийн таблицыг хамгийн доод талын хоёр үе бүрэн дүүрч хоосон байр үлдсэнгүй. (Оганесян Ю. Острова стабильности //БМН, №3, 2005)

Өөрсдийнхөө хийж гүйцэтгэсэн ажилдаа эдгээр хүмүүс сэтгэл ханамжтай байхын зэрэгцээгээр тэдний сэтгэл зовоосон асуудлууд гарч ирлээ. Одоо цаашдаа яах вэ? Менделеевийн таблиц дахь s , p , d , ба f орбиталиуд нь бүрэн дүүргэгдсэн эцсийн элемент 118 дугаар элемент юм. Хэрвээ физикчид хэзээ нэгэн цагт шинэ элементүүдийг синтезлэн гаргавал тэдгээр нь эдүгээ хараахан байхгүй шинэ үе дотор байраа эзлэх ёстой. Энэ үе 119 дүгээр элементээс эхлэх бөгөөд энэ элемент энэ үеийн анхны элемент болно. Түүний дараах элемент бол 120 дугаар элемент, дахиад л хялбар хэлбэртэй s орбитальтой байна. 121 дүгээр элемент нээгдэхээс эхлэн урьд өмнө хэзээ ч байгаагүй g орбиталь агуулсан бүлэг элементүүд бий болно. Шинэ төрлийн орбиталиуд гарч ирэхийн зэрэгцээгээр тэдгээрийг электроноор дүүргэх бололцоо үүсэхийн хамт таблицыг үеийн урт ихэснэ. Үелэх системийн багана ба мөрийг элементүүдээр дүүргэх нь түүнийг зохион бүтээсэн Д.Н.Менделеевийн оргилсон хүсэл боловч харьцангуй тусгай онолыг нээсэн Альберт Эйнштейний үзэл санааг хангахгүй зүйл ажиглагдаж эхэлнэ.

Менделеевийн таблиц руу ноцож эхэллээ.

Элементийн атомын дэс дугаар ихсэх тусам цөмийн цэнэг, түүн доторх протоны тоо ихэссэнээс өснө. Үүний зэрэгцээгээр дотоод орбиталь дээрх электронуудын хөдөлгөөний хурд ихэссээр байгаад тухайн нэг агшнаас эхлэн атомуудын төрх байдалд релятив эффект доривтой үүргийг гүйцэтгэж эхэлнэ. Үүнээс болж дотоод орбиталийн хэмжээ багасаж тогтвор нь сайжирна. Бусад орбиталиуд, тухайлбал элементийн химийн шинж чанарыг тодорхойлдог валентын орбиталиуд ч бас бага зэрэг агшина. Энэ үзэгдлийг “шууд релятив эффект” гэх бөгөөд уул эффект атомын цөмийн цэнэг өсөхөд улам хүчтэй болно. Үүний зэрэгцээгээр “шууд биш релятив эффект” байдаг бөгөөд үүний улмаас d ба f орбиталиудын тогтвор суларна. Энэ тохиолдолд s ба p электроны цахилгаан статик экранчлалын улмаас тэдгээрийн хасах цэнэг нэмэх цэнэгтэй цөмийн таталтыг тодорхой хэмжээгээр саармагжуулна. Үүнээс болж алс хол байгаа электронуудыг цөмийн зүгээс татах үйлчлэл суларна. Иймэрхүү релятив эффект амьдралд үргэлж тохиолдож байдаг. Энэ эффектээс болж Менделеевийн таблицыг d блокт, алтны яг дээр орших мөнгөний өнгө түүнээс огт өөр байдаг.

d -блокт багтах металлын атом тодорхой долгионы урттай фотоныг залгахад түүний нэг электрон d орбиталиос түүний дээр ойрхон орших s орбитальд шилжинэ. Мөнгөний хувьд эдгээр орбиталийн хоорондох энергийн завсрын өргөн нэлээн их бөгөөд залгилт ультра ягаан фотоны мужид ажиглагдана. Харин түүнээс бага энергитэй фотонууд атомаас ойх тул мөнгийг ашиглан идеал ойлгогч мөнгөлөг өнгөтэй толийг үйлддэг. Релятив эффектээс болж, алтны s -орбиталийн энерги багасч, харин d орбиталийн энерги ихэссэнээс тэдгээр орбиталийн энергийн хоорондох завсар нарийсаж, электронууд $d \rightarrow s$ шилжилт хийхдээ хөх фотоныг залгина. Иймээс бусад бүх өнгийн фотонууд алтны гадаргаас ойх тул бид цагаан гэрлээс хөх гэрлийг хасахад үлдэх гүйцээх өнгө шар гэрлийг ажиглана.

Цаашид релятив эффект алтны шинж чанарт ямар нөлөө үзүүлэхийг Хельсинкийн их сургуулийн Пекка Пииккоогоор удирдуулсан финийн физикчид нарийн судалжээ. Тэдний судалгааны үр дүнгээс үзвэл, алт бусад атомуудтай ер бусаар холбогдож байсан бөгөөд энэ холбоодын улмаас үүсэх нэгдлүүдийг тэд нар туршлагаар гарган авчээ. Алтны атомууд инертийн хий ксеноны атомтай холбогдож байснаас гадна нүүрстөрөгчийн атомтай гурван зүг

чиглэсэн холбоосыг үүсгэж байлаа. Хамгийн сонирхолтой нь зөвхөн нүүрстөрөгчийн атомаас тогтдог фуллерены молекулын адил вольфрамын нэг атом ба түүний тойрон хүрээлэх 12 алтны атомаас тогтох бөмбөрцөг хэлбэртэй молекулыг үүсгэж байв. Алтны атомаас бүрдэх фуллерен төстэй молекулыг (алтан фуллерен) вольфрам ба алтыг гелийн орчинд ууршуулахад аяндаа уусаж байлаа. Квант онолыг хэрэглэн алтны атомуудаас тогтсон кластерын (бөөгнөрөл) катализ, үйлчилгээгээр тухайлбал, автомашины яндангаас гарах утааны доторх хортой нэгдлийг задлан хоргүйжүүлдгийг тайлбарлаж чадсан. Гэтэл алт дангаар утааг хоргүйжүүлж чадахгүй байв.

Хүнд жингүүд биднийг гайхшруулж байна

Хэдийгээр релятив эффект хүчтэй илэрдэг ч алт ба бусад элементүүд менделеевийн таблицын урьдчилан хэлсэн шинж төрхөөс асар их хэмжээгээр хазайхгүй байлаа. Саяхан хүртэл үелэх хуулиас хазайх үзэгдэл зөвхөн шинээр нээгдсэн элементүүдэд л хамаарагддаг юм шиг санагдаж байв. Хүнд элементүүд нээгдэхийн хамт эдгээр элементүүдийн ихэнхэд нь үелэх хуулиас хазайх үзэгдэл ажиглагдсан тул үелэх хууль абсолют үнэн зөв болоход эргэлзээ төрж эхэлсэн юм. Физикүүд эгэл бөөмсийг хурдасгах хурдасгуурыг ашиглаж хүнд атомуудыг хурдасган, тэдгээрийн цөмийг хооронд нь мөргөлдүүлэн 103-аас их дэс дугаартай хэт хүнд элементүүдийн атомуудыг гарган авчээ. Резерфордий (104) ба Дубнийн (105) оролцоотой 1990 –ээд онуудад хийгдсэн туршилтаас үзвэл, эдгээр элементүүдийн шинж чанар Менделеевийн таблицад тэдний эзлэх байранд харгалзах шинж чанартайгаа тохирохгүй байв. Беркли дэх Калифорнийн их сургуулийн Кен Червински (Ken Czerwinski) уусмал дахь резерфордий Менделеевийн таблицад түүнээс нэлээд хол орших плутонийтой адилхан шинж төрхийг үзүүлж байв. Дубний түүнтэй их ойр орших протактинийтэй төстэй шинж төрхийг харуулав. Үелэх хуулиар резерфордий ба дубний яг тэдгээрийн дээр байрласан гафний ба танталтай адилхан төрхтэй байх ёстой. Физикүүд сүүлийн үед хийсэн туршилтаараа маш бага хэмжээний хэт хүнд элементүүдийг гарган авч чаджээ. Жишээлбэл 117 дугаар элементийн зургаан атом гарган авсан байна.

Хэт хүнд элементүүд тогтвор муутай бөгөөд секундийн хэдхэн хувьд хөнгөхөн компонентууд болон задарна. Туршлага явуулсан физикчид, атом задрахад үүссэн хэсгүүдийг ажиглах замаар анх үүссэн цөмийн физик ба химийн шинж чанарын талаарх мэдээлэл олж авна. Ийм нөхцөлд химичид уусмал дотор ямарваа химийн урвал явуулах бололцоогүй юм. Ямар нэгэн мэдээлэл олж авахын тулд урьд өмнө байгаагүй шинэ туршилтыг бодон олох хэрэгтэй болдог. Ялангуяа 106 ба 107 дугаар элементийг судлахад явуулсан туршлага гайхшруулмаар байсан. Сиборгий ба борий, 104 ба 105 дугаар элементийг бодвол, Менделеевийн үелэх хүснэгтийн байрлалд харгалзах шинж чанараа бүрэн хадгалж байлаа. Ингэхлээр үелэх систем ажиллаж байж таарлаа. Гэтэл 112 дугаар элемент яг түүний дээр байгаа мөнгөн устай буюу эсвэл квант механикийн зарим тооцоогоор инертийн хий радонтой төстэй шинж чанарыг харуулж байв. 112 дугаар элементээс гадна мөнгөн ус ба радоны хүнд изотопуудыг синтезлэн гарган авлаа. Мөнгөн ус ба радон байгаль дээр хүрэлцээтэй байгаа боловч түүний хөнгөн изотопуудын шинж чанарыг ашиглахгүй, харин синтезлэн гарган авсан изотопуудын шинж чанарыг судлах зорилгоор энэ туршилтыг хийжээ.

Юуны өмнө энэ гурван элементийн алт ба мөстэй холбогдох чадварыг судаллаа. Энэ зорилгоор суурь бодисоо маш бага температуртай болтол хөргөж, түүний нэг хагасыг алтаар, нөгөө хагасыг мөсөөр хучжээ. Хэрвээ 112 дугаар элемент металл юм бол алттай холбогдох ба инертийн хий радонтой төстэй бол мөстэй холбогдох ёстой байлаа. Одоогийн байдлаар янз бүрийн лабораторид олдсон үр дүн хоорондоо сайн тохирохгүй зөрөөтэй байгаагаас үзвэл асуудал мөд шийдэгдэхгүй бололтой. Нэлээд тодорхой үр дүн бусад хүнд элементүүдийг синтезлэн гаргасны дараа олох байх. Яг үнэнийг хэлэхэд эндээс Менделеевийн

хүснэгтэд төгсгөл байх уу, үгүй юу гэдэг асуудал урган гарна. Протоны тоо асар их болохтой зэрэг цөм бараг өчүүхэн төдий хугацаанд ч оршин тогтох бололцоогүй болно. Энд $<$ асар их тоо $>$ гэдэгт хэчнээн хэмжээний тоог ойлгох вэ? хэмээх асуудал бас тавигдана. Орчин үеийн онолоор цөмийг цэг шиг гэж үзвэл, цөм дотор байх протоны тоо 137- оос хэтрэхгүй. Хэрэв цөмийн эзлэхүүн хязгааргүй бага биш гэж үзвэл энэ тоо 172-173 байх ажээ. Орчин үед хүнд элементүүд түүний дээр нэг бүлэгт байгаа элементүүдтэйгээ адил шинж чанартай байх үгүй нь бас тодорхой биш байна. Гэхдээ ойрын ирээдүйд энэ асуудал практик талаасаа онц ач холбогдолгүй бөгөөд ихэнх элементүүдэд үелэн давтагдах зарчим гуйвалтгүй биелэгдсээр л байна.

Эдүгээ болтол нэг баганад байгаа хэт хүнд элементүүд адилхан шинж төрхтэй байх зарчим үйлчлэх үгүй нь тодорхой биш байна.

Сонгодог хими, үүсмэгцээ задран салдаг тогтворгүй цөмтэй, атомын масс ихтэй элементүүдтэй бараг ажиллах шаардлагагүй. Релятив эффект хими биеэ даасан шинжлэх ухаан байх уу, үгүй юу гэдэгт гол үүрэг гүйцэтгэнэ. Хэрвээ үелэх хууль үйлчлэхээ боливол, хими биеэ даасан шинжлэх ухаан байхаа больж физикийн нэг хэсэг болон хувирна. Одоохондоо Менделеев өөрийнхөө өлгийдөн авсан хүүхдийн ажилтанд баяссаар байж болно.

Үндсэн дүгнэлтүүд:

1. 2010 онд химийн элементүүдийн үелэх системийн 117-дугаар элементийг нээснээр хүснэгт хэлбэртэй дүрсэлдэг энэ системд хоосон байр алга боллоо. Шинэ элемент нээгдэхийн зэрэгцээгээр Менделеевийн хүснэгт өргөжих нь гарцаагүй болов.
2. Шинэ элементүүд өөрийнхөө шинж чанараар түүнтэй нэг баганад орших элементүүдээс ялгагдаж болох бөгөөд тэгвэл бараг хагас зуун жил оршин тогтносон үелэх хууль зөрчигдөж эхэлнэ.
3. Элементүүдийн шинж төрх дэх энэ аномаль байдал релятив хүч үйлчилснээс электроны зарим орбиталиудын хэмжээ багассантай холбоотой ажээ.
4. Цөмийн физикчид шинэ төрлийн орбитальтой шинэ элементүүдийг гарган авах оролдлогоороо орхихгүй бөгөөд эдгээр элементүүдийнхээ шинж чанарыг өчүүхэн төдий хугацаанд оршин тогтнох цөөн тооны атомын хэрэглээг судлах болно.

Ном зүй:

- The Periodic Table, Its Story and Its Significance. Eric Scerri. Oxford University Press, 2007.
- A Suggested Periodic Table up to $Z \leq 172$, Based on Dirac — Fock Calculations on Atoms and Ions. Pekka Pyykk in Physical Chemistry Chemical Physics, Vol. 13, No. 1, pages 161–168; 2011.
- A Very Short Introduction to the Periodic Table. Eric Scerri. Oxford University Press, 2011.
- Слайд-шоу об истории таблицы Менделеева см. по адресу: ScientificAmerican.com/jun2013/periodic-table

2014оны В МИРЕ НАУКИ сэтгүүл, 7-8 р сарын дугаараас
П. Түвшинтөр Г. Шилагарди нар орчуулав.
 2015 он МУИС-ШУС физикийн тэнхим

ШУА - ийн Физик Технологийн Хүрээлэнгийн
ЭШАА, доктор (PhD) Г. Сэвжидсүрэн

Уншигч та нанотехнологи, нано материал гэсэн нэр томъёог өмнө нь олонтоо уншиж, сонсож байсан бизээ. Бид асар их мэдээллийн орчинд шинэ мэдлэг мэдээлэл хүлээн авч, өдөр бүр өвөрмөц, гайхшруулсан техник технологийн дэвшилтэй нүүр тулж байгаа билээ. Хүүхэд залуучууд та бүхэнд орчин үеийн нанотехнологийн нууцад нэвтрэн ороход тань бага ч гэсэн тус болох зорилгоор энэхүү танин мэдэхүйн нийтлэлийг толилуулж байна.

НАНОТЕХНОЛОГИ ГЭЖ ЮУ ВЭ?

Өнгөрсөн зууны техник технологийн дэвшил нь хүн төрөлхтөнд асар хурдан хөгжил, амьдралын тав тух, давтагдашгүй тансаг урлагийн бүтээл гээд тоочоод барахгүй олон зүйлийг өгч гайхширалд оруулж байлаа. Компьютер, интернэтээр дамжин гэрээсээ дэлхий ертөнцтэй холбогдон, алс холын газарт онгоцоор аялан, дуртай киногоо хуурцгаар үзэн, гэр ахуйн бүхий л хэрэгслүүд цахилгаанаар ажиллаж хүний хөдөлмөр, цаг хугацааг хэмнэн энэ бүгд нь бидний амьдралын хэм хэмжээ нэгэнтээ болжээ.

Технологийн гэгдэх энэ 21-р зуунд байгаль эхийн бүтээсэн байгалийн баялаг, эрдэс түүхий эдийн шинж чанарт тулгуурлан тэдгээрийг боловсруулан хувиргаж, нийлэгжүүлэх замаар гарган авсан материалыг ашиглаж байлаа. Өөрөөр хэлбэл байгаа материалын шинж чанарт тулгуурласан үйлдвэрлэл хөгжиж байсан юм. Жишээ нь анх хөнгөнцагааны, никель титаны хайлшийн физик, химийн шинж чанарыг судалж эдгээр хайлшийг онгоц үйлдвэрлэхэд ашиглаж байсан бол 1970-аад оноос өндөр даралт, өндөр температурт тэсвэртэй, хөнгөн мөртлөө бат бэх чанараараа дээрх хайлшуудтай ижил хуванцар нэгдлүүд, резинийг гарган авч онгоцны үйлдвэрлэлд ашиглах болжээ.

Ингээж өнгөрсөн зуундаливаа материалын шинж чанарт тулгуурласан, түүнд “захирагдсан” бараа бүтээгдэхүүнийг үйлдвэрлэж байсанбол харин орчин үедүйлдвэрлэх гэж буй бараа бүтээгдэхүүндээ тохирсон материалыг захиалж болох уу? гэсэн асуулт гарч болно. Жишээ нь нэхмэл, сүлжмэл, бөс барааны эсвэл гутлын үйлдвэрийн эзэд урагдахгүй, хиртэхгүй, цас бороонд норохгүй, элэгдэж хуучирахгүй бөс бараа, гутал, хувцас үйлдвэрлэх сонирхлоо илэрхийлж, дээрх шаардлагыг хангасан материалыг гарган авах боломжтой юу гэсэн захиалгыг эрдэмтэн судлаачдад өгч байхад, электрон бараа үйлдвэрлэгчид интернэтэд ордог, дуу сонсож, бичлэг хийж улмаар телевиз үздэг, харилцаж байгаа хүнийхээ байгаа орон зайг тогтоож болохуйц, бие биенээ харж байгаад ярьдаг гар утас үйлдвэрлэх захиалга өгч, улмаар технологийн шинэ дэвшлийн судалгаа шинжилгээний ажлыг санхүүжүүлж байсан бөгөөд одоо ч эрдэмтэд, үйлдвэрлэгчдийн хооронд энэ зарчим үйлчилж байгаа.

Түүнчлэн ХХ зуун хүртэлх хүн төрөлхтний олж мэдсэн, хуримтлуулсан асар их мэдээллийг түргэн боловсруулах нийгмийн эрэлт хэрэгцээ бий болсон юм.

Иймд орчин үеийн хэрэглэгчдийн хэрэгцээ, үйлдвэрлэгчдийн шаардлага сонирхолд нийцсэн материал гарган авах, түүнд тохирсон технологийг боловсруулах нь эрдэмтэн судлаачдын үүрэг бөгөөд нөгөө талаас тэдэнд өгсөн “**гэрийн даалгавар**” байсан юм.

Үйлдвэрлэлийн үсрэнгүй хөгжлөөс гадна физик, хими, биологи, анагаах ухаан, материал судлал, хагас дамжуулагч, электроник болон компьютер техникийн судалгаа шинжилгээний ажлын үр дүн нь “нано –шинжлэх ухаан” гэсэн ертөнцөд нэвтрэн орох үүд хаалгыг нээсэн юм. Эндээс л Нанотехнологийн эрин эхэлсэн юм.

Өвөрмөц шинж чанар бүхий өөрөөр хэлбэл “захиалсан” материалыг гарган авах, тэдгээрийн шинж чанарыг “удирдаж” болох үндсэн зүйл юу вэ? гэдгээс “гэрийн даалгавар” – аа эхэлжээ. Хариулт нь материалын бүтэц, шинж чанарт нөлөөлөх гол хүчин зүйл нь **ХЭМЖЭЭС** гэж гарсан ажээ.

Тэгэхээр аливаа биет хэмжээний хувьд том байна, жижиг байна гэдэг нь том хэмжээст биетээсөөр шинж чанарыг үзүүлнэ гэсэн үг.

Бидний хувьд өчүүхэн жижиг зүйл болох оёдлын зүүний үзүүрийг авч үзье. Хэдийгээр бидний нүдээр өчүүхэн харагдах зүүний үзүүр нь нэг тонн төмрийн адил цахилгаан дамжуулал, өнгө, механик хатуулаг, хайлах температур, соронзон чанар зэрэг физик шинж чанартай. Энэ нь микро болон макро хэмжээст материал адилхан шинж чанарыг үзүүлж байна гэсэн үг юм. Тэгвэл ямар хэмжээст байгаа материал микро болон макро хэмжээнд байгаа ижил материалаас эрс ялгаатай шинж чанарыг үзүүлж болох вэ? Энэ асуултын хариу нь **НАНО ХЭМЖЭЭС** гэж гарсан байна.

Нэгэн хошин ч гэмээр жишээ авья. Алимьг дундуур нь хуваахад тал алим л байна. Түүнийг хуваахад мөн л хэмжээ нь жижгэрсэн алим байна. Тэгвэл алимьг цааш хуваасаар байгаад атомын хэмжээнд хүртэл нь хуваасан гэж үзье. Одоо алим байгаа юу? Тэр атом болтлоо хуваагдсан алимд амт, үнэр байгаа болов уу? Атомын хэмжээтэй болсон алимд амт, үнэр аль нь ч байхгүй тул бид алимны жижиг хэсэг байна гэж таньж чадахгүй шүү дээ. Тэгэхээр аливаа биетийг бүрдүүлэгч атом, молекулын хэмжээний жижиг хэсэг ньэх материалаасаа эрс өөр шинж чанарыг үзүүлж байгаа биз. Одоо бүгдээрээ нано хэмжээс, нанометр гэдэг ямар хэмжээтэй вэ гэдгийг бидний сайн мэдэх зарим биетийн хэмжээстэй харьцуулан үзье.

1. НАНО ХЭМЖЭЭС ба МАТЕРИАЛЫН ШИНЖ ЧАНАР

Нано гэдэг грекээр “nanos” - өчүүхэн бага, одой гэсэн утгатай үг бөгөөд ямар нэг нэгжийг нэг тэрбум (10^9) хуваасантай тэнцүү юм. Жишээ нь уртын хэмжүүрийн нэгж болох метрийг нэг тэрбум хуваасны нэгийг нанометр (нм) гэдэг. Ийм бага хэмжээст орших, ийм нэгжээр

илэрхийлэгдэх зүйл байгаль дээр болон бидний эргэн тойронд байна уу. Энэ ямар хэмжээсвэгэдгийг төсөөлөх гэж оролдъё?



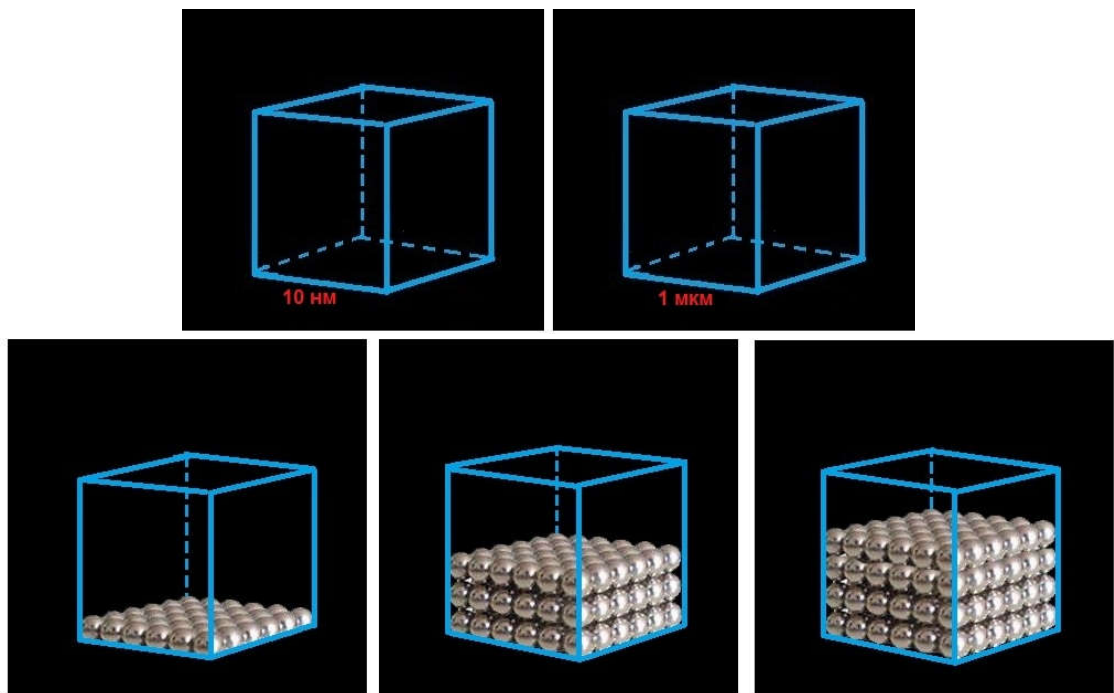
1 –р зураг: Нанохэмжээст биетүүдийг микро болон макро хэмжээст биетүүдтэй харьцуулсан байдал

Бидний бие махбодийг бүрдүүлэгч уургийн ДНХ (дезоксирибонуклейнийхүчил) – ийн молекулын диаметр 2.5 нм бол бүхий л амьд байгалийн эсийн амьдрах үйл ажиллагааг хангадаг хүчилтөрөгч зөөгч гемоглобин уургийн диаметр 5.5 нм байдаг. Хүний үсний диаметр 80 000 - 100 000 нм, хуудас цаасны зузаан 100 000 (нм) байна. Өөрөөр хэлбэл хуудас цаасыг 100 000 удаа хуулж, хүний үсийг мөн 100 000 удаа цуулж 1 нм хэмжээтэй болгох юм байна гээд боддоо.1 нанометр гэдэг бол хүний хумс 1 секундэд ургаж байгаа урттай тэнцүү юм Нанохэмжээст биетүүдийг микро болон макро хэмжээст биетүүдтэй харьцуулсан байдлыг 1 –р зурагт үзүүлэв.

Амьдрал дээр бүх төрлийн тээврийн хэрэгслээс ялгарах хорт хий, утаа тортог, галт уулын дэлбэрэлт гэх мэт шатах процессын дүнд үүсч байгаа бүтээгдэхүүнүүд бүгд энэ хэмжээст оршино.

Тухайлбал 1 нанометр гэдэг бол 3 атомын урт юм. Эндээс нано хэмжээст орчинд ажиллана гэдэг бол атом, молекултай ажиллана гэсэн үг юм. Аливаа бодис нано хэмжээст оршино гэдэг нь түүнийг бүрдүүлэгч атом, молекулуудын ихэнх нь гадаргуу дээрээ байна гэсэн үг юм. Үүнийг дараах жишээн дээр тайлбарлая.

Жишээ 1. Бүх тал нь 10 нм (10 молекул гэсэн үг) куб шоо, мөн бүх тал нь 10 мкм (үсний ширхэгээс 10 дахин бага хэмжээ) байх куб шоо аваад 2 шоондоо дүүртэл нь молекул өрж байрлуулна гээд бяцхан тооцоо хийе (2-р зураг).



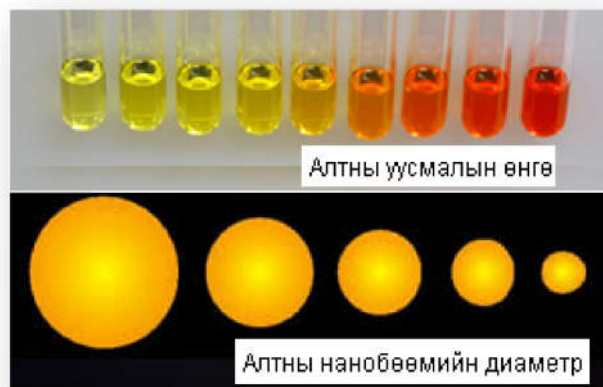
2-р зураг: Шоонд молекулуудыг өрж байршуулж байгаа нь

10 нм талтай шоонд 1000 молекул өрөгдөж, түүнээс 488 молекул буюу нийт өрсөн молекулын 49% нь куб шооны гадаргуу дээр байна. Харин 1 мкм талтай куб шооны хувьд 1 тэрбум (1000 000 000) молекул өрөгдөх бөгөөд үүний 5.9 сая нь буюу ердөө 0.6% нь шооны гадаргуу дээр байна. Эндээс харахад бодис нано хэмжээст байхад түүний гадаргуу дээр атом, молекулын тоо харьцангуй их байна гэдэг нь нано материалд гадаргуугийн нөлөө их байна гэсэн үг юм. Харин микрохэмжээст биед эзлэхүүний нөлөө их давамгайлдаг. Нэгэнт гадаргуу дахь атом, молекулын тоо их, тэдгээр нь ямар ч физик шинж чанар байхгүй тул атомын түвшинд бүтцийг бүтээх, удирдах, залах замаар дээр өгүүлсэн үйлдвэрлэгчдийн шаардлагыг хангахуйц шинж чанар бүхий материалыг гарган авах боломжтой.

Ийм нано материалын гадаргуун хувийн талбай ихэсдэг тул харилцан үйлчлэлд орох чадвар ихэснэ гэсэн үг юм. Өөрөөр хэлбэл нано бодисын хувьд гадаргуун хувийн энерги ихэссэн нь түүний гадаргуун таталцал, хайлах температур, фазын шилжилт, кристалталстын бүтэц, цахилгаан дамжуулах чадвар зэрэг олон параметруудийг өөрчилдөг. Өөр нэг өвөрмөц шинж чанар бол нано хэсгүүд нь бүтцийн дефектгүй байдаг тул түүний энэ шинж чанарт тулгуурлан лазерийн болон гэрэл цацруулагч элементүүдийг хийж, орчин үеийн энергийн хэмнэлттэй электрон бараа бүтээгдэхүүн (чийдэн, нимгэн дэлгэцийн телевизор) үйлдвэрлэдэг.

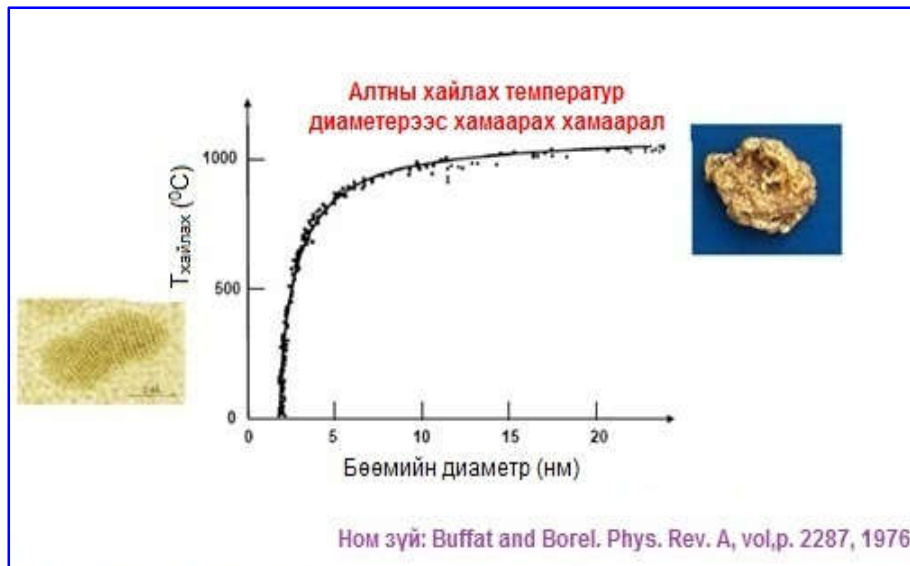
Харин макро объектийн хувьд гадаргуугийн атомын тоо нь нийт атомын тоотой харьцуулахад маш бага хувийг эзэлдэг тул шинж чанарт голлох үүрэг гүйцэтгэхгүй. Тэгэхээр аливаа бодисын хэмжээ багасаж, атом молекулын түвшинд оруулахад тэрхүү бодис бидэнд мэдэгдэхгүй физик, химийн шинж чанартай болжболно. Хэмжээнээс хамаарч шинж чанар хэрхэн өөрчлөгддөг болохыг дараах жишээгээр авч үзье.

Жишээ 2. Алт (Au) гэдэг металлыг бид сайн мэднэ. Алт нь гялтганасан шар өнгөтэй бөгөөд өнгөө алддаггүй, оронт торын талстбүтэцтэй, соронзон шинж чанаргүй, 1064°C температурт хайлдаг металл юм. Алтыг 10 нм диаметртэй нанобөөмс болгон нунтаглахад алтны ширхэгүүд улаан өнгөтэй болдог (3-р зурагт үзүүлэв).



3-р зураг: Алтны нано бөөмсийн хэмжээ багасахад өнгө нь өөрчлөгдөж байгаа байдал

Мөн алтны хайлах температур нь ч эрс буурч байгааг 4- р зургаас харж болно.



4-р зураг: Алтны хайлах температур нано бөөмсийн диаметерээс хамаарч буй хамаарал

Нано бөөмсийн хэмжээг улам багасгаж 2-3 нм диаметртэй болгоход алт онцгой катализатор болохын зэрэгцээ соронзон шинж чанартай болно. Цааш нь улам багасгахад(2-3 нм-ээс бага) алт хэмээх металл нь металл бус элементийн үндсэн шинж чанар болох цахилгаан тусгаарлагч шинж чанартай болдог.

Тэгэхээр алтыг 10 нм –ээс бага хэмжээтэй нунтаг болгоход улаан өнгөтэй, цахилгаан тусгаарлагч, соронзон чанартай, улмаар нам температурт хайлдаг зэрэг тэс өөр чанартай болж байна.

Ийнхүү өөр өөр шинж чанар үзүүлж байгаа нь алтны нано бөөмсийн диаметрийн хэмжээ багасах тусам түүний оронд тор алдагдаж, өөрөөр хэлбэл диаметерээсээ хамааран нүхэн эсвэл хавтгай бүтэцүүсгэж байгаагаар холбоотой юм.

Жишээ 3. Мөнгө(Ag) бактерийн эсрэг үйлчилгээтэй болохыг манай өвөг дээдэс эрт дээр үед мэддэг учраас мөнгөөр аяга, халбага, савх урлаж өдөр тутмынхаа амьдрал ахуйд хэрэглэдэг байсан нь бидний үед ч уламжлагдан ирсэн. Харин мөнгийг нано хэмжээст оруулахад бактери эсэргүүцэх энэ чанар нь 1000 дахин нэмэгддэг байна. Тийм учраас орчин үеийн эмнэлэгийн хэрэгсэл, хагалгаанд ашигладаг бүх төрлийн багажийг нано мөнгөөр бүрж ашигладаг.

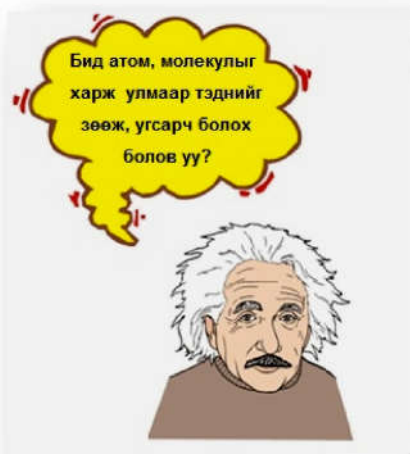
Энэ хүртэл авч үзсэн бодисын шинж чанарыг тодорхойлогч параметр хэмжигдэхүүнүүд түүнийг бүрдүүлэгч жижиг хэсгийн шугаман хэмжээнээс хамаарахыг физикт хэмжээсийн эффект гэдэг.

Тодорхойлогч параметр хэмжигдэхүүн гэдгийг тодруулъя. Үүнд термодинамикийн шинж чанарууд, кристалл торын параметрууд, уян харимхай болон механик шинж чанар, оптик

болон соронзон чанар, зөөгдөх шинж (диффузи, электро болон ион дамжуулал), урвалын идэвхи, химийн урвалын механизм, хурд зэрэг параметрууд орно.

Нанохэмжээс, нано хэмжигдэхүүний цаана үл мэдэгдэх, шинж чанарыг урьдчилан хэлэх боломжгүй хэмжигдэхүүн бүхий пико (10^{-12}), фемто (10^{-15}), атто(10^{-18}) гэхчилэн мужууд байгаа бөгөөд тэдгээрийн оньсыг шинжлэх ухаан тайлж хараахан амжаагүй л байна.

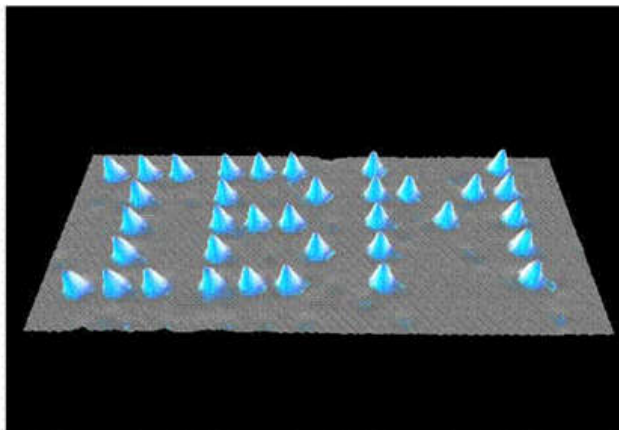
2. БИД ЯАЖ АТОМ, МОЛЕКУЛЫН ТҮВШИНД АЖИЛБАР ГҮЙЦЭТГЭЖ ЧАДАХ ВЭ?



Бидний гар наномасштабын хувьд асар том шүү дээ. Бид яаж атом, молекулын түвшинд ажилбар гүйцэтгэж чадах вэ? Материал сайн чанартай байхын тулд атом, молекулын түвшинд сайн эрэмбэлэгдэн угсрагдсан байх ёстой.

Атом молекулуудыг үр ашигтай, эмх замбараатай өрж угсрах, өөрөөр хэлбэл дурын молекулт бүтцийг байгуулж болох анхны санааг 1986 онд Америкийн эрдэмтэн Эрик Дрекслер өөрийн бичсэн

[*Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*](#) номондоо атом молекулуудыг өрж, угсрахын тулд тусгай нано машин буюу ассемблерийн тухай санааг дэвшүүлж улмаар түүнийг зохион бүтээсэн байна. Нано машинууд нь атом, молекулыг барьж авахтусгайалгоритмын тусламжтайгаар тэдгээрийг өөрхооронд нь эмх замбараатай холбох, угсрах ажлыг гүйцэтгэнэ. 1989 оны 11 сарын 11 нд Америкийн International Business Machines компанийн ажилтнууд өөрийн компанийн товчилсон нэр болох IBM гэсэн гурванүсгийг 35 ширхэг ксеноны атомыг зөөн байршуулах замаар зэс хавтангийн гадаргууд бичсэн байна (5-р зураг).



M. Eigler, E.K. Schweizer, "Positioning Single Atoms with a Scanning Tunneling Microscope," *Nature* 344(1990):524-526.

5-р зураг: 1990 он Nature сэтгүүлд хэвлэгдсэн IBM компанийн лого

Үүний үр дүнд 1998 он Голландын физикч Сеез Деккер нанотранзисторыг бүтээж, бидний өмнө өгүүлсэн ХЭМЖЭЭС хэмээх “гэрийн даалгавар”-ыг амжилттай биелүүлсэн юм.

Эрдэмтэн Ричард Фейнманы санаа биелэлээ олж, эрдэмтэд маш өвөрмөц, цоо шинэ шинж чанартай материал гарган авч чадах ба төсөөлшгүй ер бусын үзэгдэл, эффектүүдийг нээх ажилд ямар ч эргэлзээгүйгээр шамдан оржээ.

2000 онд АНУ-ын Засгийн газар “Нано технологийн үндэсний санаачлага” тунхаглаж, Холбооны төсвөөс 500 сая доллар зарцуулахаар болов. Энэ тоо 2002 онд 604 сая, 2003 онд 710 сая болтлоо өсөж, харин 2004 онд АНУ-ын засгийн газар энэ салбар дахь судалгааны ажлын санхүүжилтэд дөрвөн жилд 3.7 тэрбум доллар зориулахаар шийджээ.

Дэлхийн нийт улс гүрнүүд 2004 оны байдлаар нанотехнологид зориулж 12 тэрбум долларын хөрөнгө оруулсан бол 2012 он гэхэд АНУ нанотехнологийн судалгаанд оруулсан хөрөнгө оруулалт 2.13 тэрбумдолларт хүрсэн байна.

Байгаль дээр байгаа өчүүхэн жижиг шавьж хорхой юмуу эсвэл нүдэнд үл үзэгдэх вирус, бактерийг бид зөвхөн оптикмикроскопийн тусламжтайгаар хардаг шүү дээ. Оптикмикроскопоор 0.25 мкм(микромметр) хүртэлх хэмжээтэй жижиг биетийг өсгөж хардаг. Дээр өгүүлсэн нано хэмжээст объектийг электронмикроскопийн тусламжтайгаар өсгөн харна. Бид нанотехнологиор шинэ бүтэц, шинэ материал гарган авахын тулд атом тус бүрийг ялгаж харах шаардлагатай байдаг. Электрон микроскоп атомын торыг ялгаж чадах ба харин торын эвдрэлийг ялгаж үл чадна.

ҮРГЭЛЖЛЭЛ БИЙ

Ашигласан ном, интернэт сайтууд

1. Мария Рыбалкина Нанотехнологии для всех www.nanonewsnet.ru доктор Л.Оюунбилэг, проф. Д. Сангаанарын орчуулга, 2009
2. Г. Батдэмбэрэл, Н.Ганбямба, Ш.Чадраабал: Нанотехнологийн Эхлэл, 2011
3. Lecture: Nano Scale Science, Engineering and Technology, NSSET by Dr. M. Deal, Stanford University, 2009
4. R Seminar: Nanoscience and Nanotechnology An Introduction by Teri.W.Odom, 2004
5. Big Things from a Tiny World: Nanotechnology, <http://www.nano.gov>
6. National Nanotechnology Initiative (NNI) <http://www.nano.gov>
7. Nanotechnology in the European Commission: www.cordis.europa.eu/nanotechnology
8. Powerful Things from a Tiny World: Nanotechnology and Energy
9. Д.Сангаа: Наноматериал Судлалын Нейтрон Сарнилын Аргууд. 2011

10. Luisa Filippini, Duncan Sutherland, Nanotechnology: A brief Introduction, University of Aarhus, Denmark, 2007
11. Ц.Оюунсүрэн “Монголд биотехнологийг эрчимтэй хөгжүүлэх арга зам ” лекц, 2011
12. Р.Оливер, Биотехнологийн эрин үе эхэллээ, Адмон хэвлэлийн компани, 2005
13. <http://www.wired.co.uk/magazine/archive/2013/11/features/the-nanonose>
14. <http://nanophysicist.blogspot.com/>
15. <http://www.graphene.manchester.ac.uk/collaborate/types-of-graphene/#/explore/the-applications/>
16. <http://android-help.ru/blog/2014/02>

АЙМАГ, ХОТЫН ФИЗИКИЙН ОЛИМПИАД – 2014
Багш

М.Отгонбаатар, Г.Мөнхбаяр
Монгол улсын их сургууль

Бодлого 1. 8 метр урттай хөнгөн олсны хоёр үзүүрийг хоорондоо 4 метрийн зайтай, ижил өндөрт орших хоёр цэгт бэхлэв. Олсон дээр 10 кг масстай биетийг үрэлтгүйгээр чөлөөтэй хөдлөх боломжтойгоор тохжээ.

- а) Биетийг олсны аль нэг үзүүрийн яг доор нь тогтоон барьж байхын тулд түүнд ямар хэмжээтэй хүчээр хэвтээ чиглэлийн дагуу үйлчлэх шаардлагатай вэ?
- б) Хэрэв биетийг энэ байрлалаас нь чөлөөтэй суллаж тавибал, хамгийн ихдээ ямар хурдтай болох вэ?

(4 оноо)

Бодлого 2. 32 грамм хүчилтөрөгчийн хийг 8 литрээс 7 литр болтол нь тогтмол даралттайгаар шахав. Энэ процессын явцад хий хөрөх бөгөөд даралт тогтмол байсан. Үүний дараа хийн температур анхны температураасаа 40°C-аар буурсан байв.

- а) Хийн анхны болон эцсийн температурыг тодорхойл.
- б) Хийн даралтыг тодорхойл.
- в) Ямар хэмжээний ажил хийгдсэн бэ?
- г) Хүчилтөрөгчийн хийн ялгаруулсан дулааны хэмжээг тодорхойл.

(4 оноо)

1-р бодлогын бодолт:

а) Биетийг (ачааг) утасны үзүүрүүдийн яг нэгнийх нь доор байрлуулсан гэвэл:

$$x^2 + (8 - x)^2 = 4^2 \Rightarrow x = 3 \text{ м}$$

гээд 4 м ба 3 м гэсэн катеттай тэгш өнцөгт гурвалжин үүснэ.

(зураглалаа тооцоотой нь хамт хийсэн бол 0,5 оноо)

Биет утсан дээр үрэлтгүй тохогдсон тул түүний хоёр тал дахь утасны татах хүч хоорондоо тэнцүү байна. Энэ хоёр татах хүч болон хөндлөн чигт тогтоон барих хүчнүүдийн вектор нийлбэр биетийн жинтэй тэнцэх ёстой гээд дараах тэгшитгэлүүд бичигдэнэ:

хэвтээ тэнхлэгийн дагуу: $T \cdot \frac{4}{5} = F$

босоо тэнхлэгийн дагуу: $T \cdot \frac{3}{5} + T = P = mg$

(дээрх хоёр тэгшитгэл тус бүр 0,5 оноо)

Эндээс биетийг тогтоон барих хүч:

$$F = \frac{mg}{2} = 50 \text{ Н}$$

гэж олдоно. (1 оноо)

б) Биетийг сул тавихад түүний траектори нь утсыг бэхэлсэн хоёр цэг дээр фокустай эллипсийн дагуу байна. Иймээс биетийн хамгийн их хурдтай буюу хамгийн их кинетик энергитэй болох цэг нь хамгийн бага потенциал энергитэй болох цэг гээд, адил талт гурвалжин үүсэх цэг дэх хурдыг олно. Үнэн хэрэгтээ энэ нь 4 м гэсэн талтай зөв гурвалжин болж таарна, үүний өндрийг тооцоолвол:

$$h = 4 \cdot \cos 60^\circ \approx 3,5 \text{ м}$$

(зураглалаа тоон хариутай хамт олсон бол 0,5 оноо)

$$v = \sqrt{2g(h-x)} \approx 3,0 \text{ м/с} \quad (1 \text{ оноо})$$

2-р бодлогын бодолт:

а) Изобар процессын тэгшитгэл болон хийн эхний болон эцсийн эзэлхүүний харьцаа, хоёр температурын зөрүүг ашиглан:

эхний температур $T_1 = 320 \text{ К}$, эцсийн температур $T_2 = 280 \text{ К}$ гэж олно. (1 оноо)

б) Хүчилтөрөгчийн хийн моляр масс 32 г/моль байдгийг санаж, хийн моль хэмжээ нь $\nu = 1 \text{ моль}$ гэж тодорхойлно. Клапейрон-Менделеевийн тэгшитгэлээс хийн даралт:

$$p = \frac{\nu RT_1}{V_1} = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 320}{8 \cdot 10^{-3}} \approx 3,3 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad (1 \text{ оноо})$$

в) $A = P\Delta V = 330 \text{ Ж}$ (1 оноо)

г) Хүчилтөрөгчийн хий нь хоёр атомт хий бөгөөд $c_V = 5/2 R$ байна. Термодинамикийн I хууль ёсоор:

$$Q = A + \Delta U = A + \nu c_V \Delta T \approx 1160 \text{ Ж} \quad (1 \text{ оноо})$$

ОЛОН УЛСЫН ФИЗИКИЙН 41-Р ОЛИМПИАДЫН ОНОЛЫН 1-Р БОДЛОГО

(Хорват улс, Загреб хот, 2010 он)

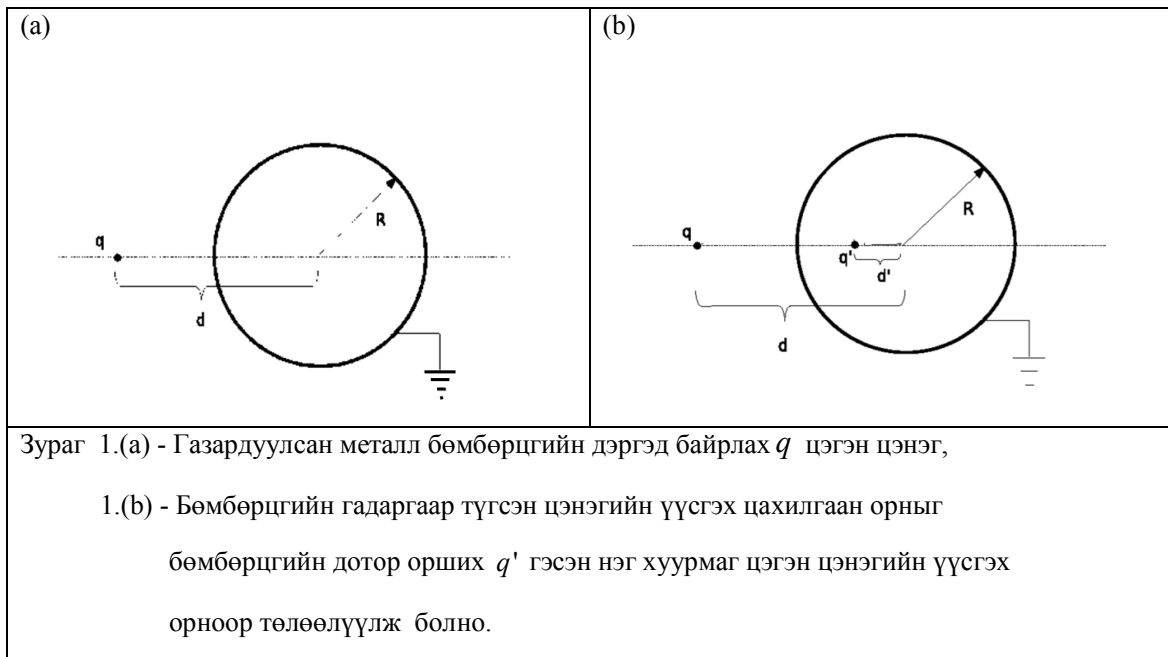
Ц. Баатарчулуун, Г. Батсүх

Монгол Улсын Их Сургууль

Металл биетийн цэнэгжих байдлыг хуурмаг цэнэгээр төлөөлүүлэх

Оршил- Хуурмаг цэнэгийн арга

q цэгэн цэнэгийг R радиустай, газардуулсан металл бөмбөрцгийн орчимд байрлуулахад (Зураг 1.а) нөлөөгөөр цэнэгжих үзэгдлээс болж бөмбөрцгийн гадаргуу цэнэглэгдэнэ. Бөмбөрцгийн гадаргаар түгэх цэнэгийн түгэлт нь нэгэн төрөл биш учир энэхүү металл бөмбөрцгийн үүсгэх цахилгаан орны хүчлэг болон потенциалыг тодорхойлох нь харьцангуй төвөгтэй бодлого болдог. Хуурмаг цэнэгийн аргыг ашиглан бөмбөрцгийн гадаргаар түгсэн цэнэгийн үүсгэх цахилгаан орны хүчлэг ба потенциалыг бөмбөрцгийн дотор орших q' гэсэн нэг хуурмаг цэгэн цэнэгийн үүсгэх цахилгаан орны хүчлэг ба потенциалар төлөөлүүлж болдог. **Анхааруулга: Хуурмаг q' цэнэгийн үүсгэх цахилгаан орон нь зөвхөн бөмбөрцгийн гадарга дээр болон түүний гадна үүсэх цахилгаан орны хүчлэг болон потенциалыг тодорхойлоход хэрэглэгдэнэ.**



Асуулт 1. Хуурмаг цэнэгийг тодорхойлох

Бодлогын симметр байдлаас харвал q' цэнэг нь бөмбөрцгийн төв болон q цэнэгийг холбосон шулуун дээр оршино (Зураг 1.б).

а) Бөмбөрцгийн гадаргын потенциал ямар утгатай байх ёстой вэ? (0.3 оноо)

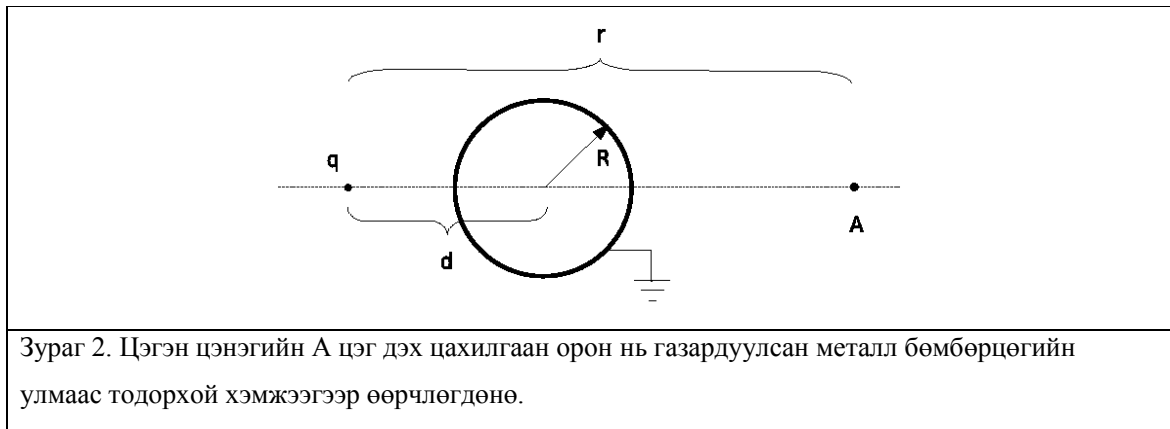
- b) Хуурмаг цэнэг q' -ийн утга болон уг цэнэг бөмбөрцгийн төвөөс ямар d' зайд оршихыг q, d болон R -ээс хамааруулж илэрхийл. (1.9 оноо)
- c) q цэнэгт хуурмаг цэнэгийн үйлчлэх хүчийг ол. Энэ хүч түлхэх хүч мөн үү? (0.5 оноо)

Асуулт 2. Цахилгаан статик орны “сүүдэрлэх” чанар

q цэгэн цэнэгийг R радиустай, газардуулсан металл бөмбөрцгийн төвөөс d зайд өмнөхийн адил байрлуулснаас болж металл бөмбөрцгийн цаад талд орших А цэгт цахилгаан орны хүчлэгийн хэмжээ ямар болохыг тодорхойл (Зураг 2).

А цэг нь бөмбөрцгийн төв болон q цэнэгийг холбосон шулуун дээр орших ба q цэнэгээс r зайд байрлана.

- a) А цэг дэх цахилгаан орны хүчлэгийн векторыг тодорхойл. (0.6 оноо)
- b) $r \gg d$ буюу А цэг маш хол байрлах үед цахилгаан орны утгыг тодорхойл. Ингэхдээ $a \ll 1$ үед $(1+a)^{-2} \approx 1-2a$ гэсэн ойролцооллыг хэрэглэ. (0.6 оноо)
- c) d -ийн хязгаарын ямар утганд А цэг дэх цахилгаан орны хүчлэгийн утга тэг болох вэ? Өөрөөр хэлбэл газардуулсан металл бөмбөрцөг q цэнэгийн үүсгэх цахилгаан орныг бүрэн хаах вэ? (0.3 оноо)

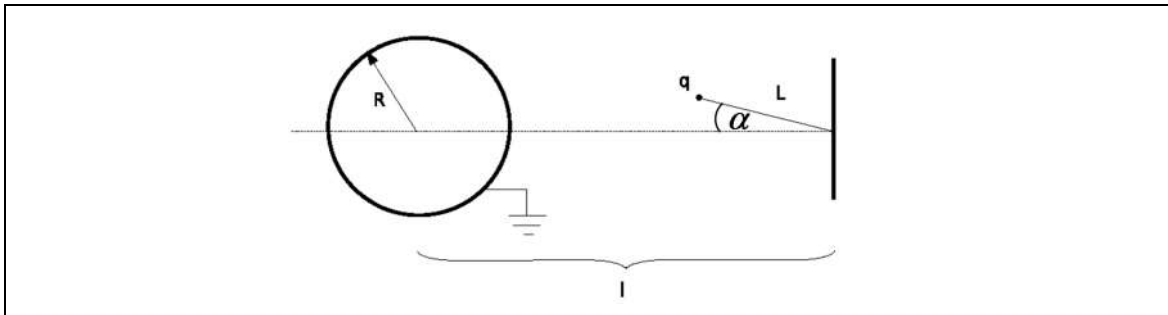


Зураг 2. Цэгэн цэнэгийн А цэг дэх цахилгаан орон нь газардуулсан металл бөмбөрцөгийн улмаас тодорхой хэмжээгээр өөрчлөгдөнө.

Асуулт 3. Газардуулсан металл бөмбөрцгийн үүсгэх цахилгаан орон доторх бага хэлбэлзэл m масстай, q цэнэгтэй цэгэн цэнэгийг L урттай утасны үзүүрт бэхэлж, газардуулсан металл бөмбөрцгийн төвөөс l зайд байрлах хананд тогтоожээ. Ханьт цахилгаан шинж чанаргүй гэж үзнэ. Хананд утсаар бэхэлсэн цэг цэнэгийг математик дүүжин гэж үзэж болно (Зураг 3). Гравитацын хүчний нөлөөг тооцохгүй.

- a) Хазайлтын өнцөг α байх үед q цэгэн цэнэгт хуурмаг цэнэгээс үйлчлэх цахилгаан статик хүчний хэмжээг олж чиглэлийг тодорхойл. (0.8 оноо)

- b) Энэхүү цахилгаан статик хүчний утсанд перпендикуляр байгуулагчийг l , L , R , q ба α хэмжигдэхүүнүүдээр илэрхийл. (0.8 оноо)
- c) Дүүжингийн бага хэлбэлзлийн давтамжийг ол. (1.0 оноо)



Зураг 3. Газардуулсан металл бөмбөрцөгийн орчимд байгаа математик дүүжин гэж үзэж болох цэгэн цэнэг

Асуулт 4. – Системийн цахилгаан статик энерги

Бөмбөрцөгийн гадаргуу дээрх цэнэгийн түгэлт бөмбөрцөг ба q цэнэгийн хоорондох зайнаас хамааран өөрчлөгддөгийг харгалзан 1.а- зурагт үзүүлсэн системийн цахилгаан статик энергийг тодорхойлох зорилго тавья. q цэнэг нь газардуулсан металл бөмбөрцөгийн гадарга дээр түүний нөлөөгөөр үүссэн цэнэгүүдтэй харилцан үйлчлэлцэх ба мөн нөлөөгөөр үүссэн цэнэгүүд хоорондоо харилцан үйлчлэлцэнэ. q цэнэг, бөмбөрцөгийн радиус R болон тэдгээрийн хоорондын зай d -ээс хамааруулан дараах цахилгаан статик энергүүдийг тодорхойл:

- a) q цэнэг ба газардуулсан металл бөмбөрцөгийн гадарга дээр түүний нөлөөгөөр үүссэн цэнэгүүд хоорондын харилцан үйлчлэлцэх цахилгаан статик энергийг тодорхойл; (1.0 оноо)
- b) газардуулсан металл бөмбөрцөгийн гадарга дээр нөлөөгөөр үүссэн цэнэгүүд хоорондын харилцан үйлчлэлцэх цахилгаан статик энергийг тодорхойл; (1.2 оноо)
- c) Системийн нийт цахилгаан статик энергийг тодорхойл. (1.0 оноо)

Сануулга: Уг асуудлыг шийдэх хэд хэдэн арга бий:

(1) Дараах хэлбэрийн интегралыг ашигласан нэг төрлийн арга бий.

$$\int_d^{\infty} \frac{xdx}{(x^2 - R^2)^2} = \frac{1}{2} \frac{1}{d^2 - R^2}.$$

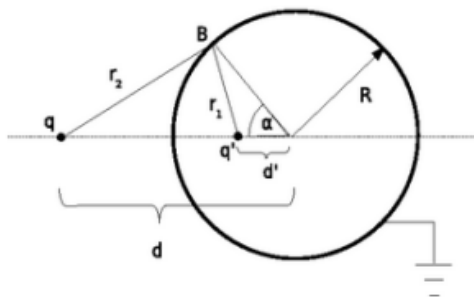
(2) \vec{r}_i ($i = 1, \dots, N$) цэгүүдэд байрласан N тооны q_i цэнэгүүдийн цахилгаан статик харилцан үйлчлэлийн энергүүдийн нийлбэрийг $V = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{\substack{j=1 \\ i \neq j}}^N \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i q_j}{|\vec{r}_i - \vec{r}_j|}$ томъёогоор тодорхойлж шийдийг олох өөр нэг арга ч байх боломжтой.

Бодолт:

Асуулт 1. Хуурмаг цэнэгийг тодорхойлох

Асуулт 1а. Металл бөмбөрцөг газардуулагдсан тул түүн дээрх потенциал $V = 0$ байна.

Асуулт 1б. Бөмбөрцөгийн гадарга дээр дурын B цэг сонгон авч q' цэнэгийн байрлалтай



холбосон байдлыг зурагт харуулав.

Зураг 1. B цэг дэх потенциал тэгтэй тэнцүү.

B цэгээс q' цэнэг хүртэлх зай r_1 нь бөмбөрцөгийн радиус R ба q' цэнэгийн байрлалыг

тодорхойлох d' зайгаар

$$r_1 = \sqrt{R^2 + d'^2 - 2 \cdot R \cdot d' \cdot \cos \alpha}$$

гэж илэрхийлэгдэнэ. α нь дурын B цэгийн байрлалыг илэрхийлж буй өнцгийн утга. Үүний адилаар дурын B цэгээс q цэнэг хүртэлх зайг

$$r_2 = \sqrt{R^2 + d^2 - 2 \cdot R \cdot d \cdot \cos \alpha}$$

гэж илэрхийлж болно. B цэг дээр q ба q' цэг цэнэгүүдийн үүсгэх нийт цахилгаан орны потенциал нь

$$V = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left(\frac{q}{r_2} + \frac{q'}{r_1} \right)$$

гэж илэрхийлэгдэнэ.

Энэ потенциал тэгтэй тэнцүү байх нөхцлөөс

$$\frac{q}{r_2} + \frac{q'}{r_1} = 0$$

буюу

$$R^2 + d^2 - 2 \cdot R \cdot d \cdot \cos \alpha - \left(\frac{q}{q'} \right)^2 \cdot (R^2 + d'^2 - 2 \cdot R \cdot d' \cdot \cos \alpha) = 0$$

Энэ илэрхийлэл α өнцгөөс хамаарахгүй тул 2 талаас нь α өнцгөөр уламжлал авахад

$$2 \cdot R \cdot d \cdot \sin \alpha - \left(\frac{q}{q'}\right)^2 \cdot 2 \cdot R \cdot d' \cdot \sin \alpha = 0$$

буюу

$$R \cdot d = \left(\frac{q}{q'}\right)^2 \cdot R \cdot d'$$

нөхцөл биелнэ. Үүнийг тооцвол өмнөх илэрхийллээс

$$(R^2 + d^2) = \left(\frac{q}{q'}\right)^2 \cdot (R^2 + d'^2)$$

гэсэн тэнцэтгэл бичиж болно. Эдгээрийг систем болгон бодоход d' - зай

$$d' = \frac{R^2}{d}$$

q' -цэнэг

$$q' = -q \cdot (R/d)$$

утгатай байхаар гарна.

Асуулт 1с. q цэнэгт q' цэнэгээс үйлчлэх хүч нь

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot d}{(d^2 - R^2)^2}$$

байх ба энэ нь таталцах хүч байна.

Асуулт 2. Цахилгаан статик орны сүүдэрлэх чанар

Асуулт 2а. Бодлогын нөхцөлд өгсөн зургаас харахад A цэг дээрх цахилгаан орны хүчлэг нь

$$\vec{E}_A = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot \frac{R}{d}}{\left(r - d + \frac{R^2}{d}\right)^2} \right) \vec{n}_r$$

байна.

\vec{n} нь \mathbf{r} вектор дагуух нэгж вектор

Асуулт 2б.

$r \gg d$ байх тохиолдолд $(1 + a)^{-2} = 1 - 2a$ ойролцооллыг ашиглахад цахилгаан орны хүчлэг нь

$$\vec{E}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\left(1 - \frac{R}{d}\right) \cdot q}{r^2} \cdot \vec{n}_r - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{2q \cdot \frac{R}{d} \cdot \left(d - \frac{R^2}{d}\right)}{r^3} \cdot \vec{n}_r$$

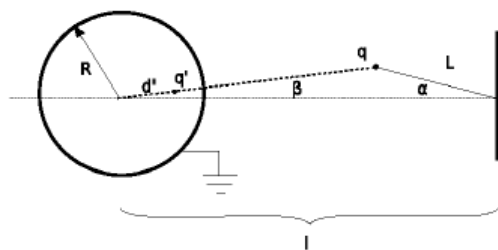
гэж гарна.

Өөрөөр хэлбэл газардуулагдсан металл бөмбөрцөг нь өөрөөсөө d зайд орших q цэнэгийг бүрэн халхалж чаддаггүй.

Асуулт 2с.

2а хариултаас харахад d нь R руу тэмүүлэх үед A цэг дээрх цахилгаан орны хүчлэг 0 болно.

Асуулт 3а. Зурагт үзүүлсэн тэмдэглэгээг ашиглая..



q цэнэгийн нэгэн байрлалд q' цэнэгийн байрлал түүнийг дагаж өөрчлөгдөх ба q', d' -ийн утгууд өмнө гаргасаны адилаар тодорхойлогдоно. Харин q цэнэгээс бөмбөрцөгийн төв хүртэлх зай нь

$d = \sqrt{l^2 + L^2 - 2 \cdot L \cdot l \cos \alpha}$ гэж тодорхойлогдоно. Иймд хазайлтын өнцөг α байх үед q' цэнэгээс q цэнэгт үйлчлэх хүч

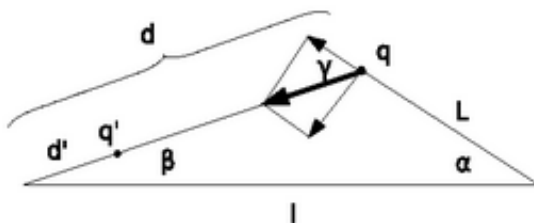
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q'}{(d - d')^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot d}{(d^2 - R^2)^2}$$

буюу

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 R \sqrt{l^2 + L^2 - 2lL \cos \alpha}}{(l^2 + L^2 - 2lL \cos \alpha - R^2)^2}$$

болно.

Энэхүү хүчний чиглэлийг дараагийн зурагт үзүүлэв.



Асуулт 3б. Зургаас харахад \vec{F} хүчний утсанд перпендикуляр байгуулагч нь

$$F_{\perp} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot \sqrt{l^2 + L^2 - 2 \cdot l \cdot L \cdot \cos \alpha}}{(l^2 + L^2 - 2 \cdot l \cdot L \cdot \cos \alpha - R^2)^2} \cdot \sin(\alpha + \beta)$$

гэж илэрхийлэгдэнэ. Үүнд: α ба β өнцгүүд нь синусын теоремоор

$$L \cdot \sin \alpha = d \cdot \sin \beta$$

харьцаатай тул β өнцөг нь

$$\beta = \arcsin \left(\frac{L}{\sqrt{l^2 + L^2 - 2 \cdot l \cdot L \cdot \cos \alpha}} \cdot \sin \alpha \right).$$

гэж тодорхойлогдоно.

Асуулт 3с. Математик дүүжингийн хөдөлгөөний тэгшитгэл

$$mL \cdot \ddot{\alpha} = -F_1$$

байдаг.

Бага хэлбэлзлийн үед тригонометрийн функцуудыг

$$\sin x \approx x ; \cos x \approx 1 - \frac{x^2}{2}$$

гэсэн ойролцоо утгаар нь сольж

$$\beta = \frac{\alpha \cdot L}{d} \approx \frac{\alpha \cdot L}{l - L}$$

илэрхийллийг ашиглахад

$\gamma = \alpha + \beta = l \cdot \alpha / (l - L)$ гэж илэрхийлж болохыг тооцож дээрх тэгшитгэлийг

$$m \cdot L \cdot \frac{d^2 \alpha}{dt^2} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot d}{(d^2 - R^2)^2} \cdot \left(1 + \frac{L}{d}\right) \cdot \alpha = 0$$

хэлбэртэй бичиж болно.

Энд $d = l - L$ болохыг ашиглав. Эндээс бага хэлбэлзлийн давтамжийг

$$\omega = \frac{q}{d^2 - R^2} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot d}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{m \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{L}{d}\right)} = \frac{q}{(l - L)^2 - R^2} \cdot \sqrt{\frac{R \cdot l}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{1}{m \cdot L}}$$

гэж гаргаж болно.

Асуулт 4а.

Системийн нийт энергийг бөмбөрцөг дээр индукцлэгдсэн цэнэгүүд ба бөмбөрцөгийн гадна орших цэг цэнэг хоорондын харилцан үйлчлэх энерги $E_{el,1}$ болон бөмбөрцөг дээр индукцлэгдсэн цэнэгүүдийн хоорондын харилцан үйлчлэлийн энерги $E_{el,2}$ - үүдийн нийлбэр байдлаар тодорхойлж болно.

$$E_{el} = E_{el,1} + E_{el,2}$$

q цэнэг ба газардуулсан металл бөмбөрцөгийн гадарга дээр түүний нөлөөгөөр үүссэн цэнэгүүд хоорондын харилцан үйлчлэлцэх цахилгаан статик энергийг

$$E_{el,1} = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q'}{(d - d')} = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R}{d^2 - R^2}$$

гэж тодорхойлно.

Асуулт 4с.

Харин анхандаа цэнэглэгдээгүй байсан бөмбөрцөг рүү q цэнэг ойртон ирэх үед бөмбөрцөг индукцээр цэнэглэгдэж цэнэг нь аажмаар нэмэгдэнэ. q цэнэг бөмбөрцөгт d зайтай ойртож ирэх хүртэл хийгдэх ажлаар хоорондоо d зайд орших индукцээр цэнэглэгдсэн бөмбөрцөг болон цэг цэнэг хоёроос тогтох системийн бүрэн энергийг тодорхойлж болно.

Дамжуулагч бөмбөрцөгөөс d зайнд q цэнэгтэй цэг цэнэг байрлах үед бөмбөрцөг индукцээр цэнэглэгдсэний улмаас тэдгээр нь хоорондоо

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot d}{(d^2 - R^2)^2}$$

хүчээр харилцан үйлчлэдэг гэж урьд гаргасан билээ. Үүний адилаар цэг цэнэг дамжуулагч бөмбөрцөгөөс x зайтай байхад тэдгээр нь хоорондоо нь

$$F(x) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot x}{(x^2 - R^2)^2}$$

хүчээр харилцан үйлчлэх тул q цэнэг бөмбөрцөгт d зайтай ойртож ирэх хүртэл хийгдэх ажил нь

$$E_{el}(d) = - \int_{\infty}^d F(x) \cdot dx$$

интегралаар тодорхойлогдоно.

$$E_{el}(d) = \int_{\infty}^d (-) \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 R x}{(x^2 - R^2)^2} \cdot dx = - \frac{q^2 \cdot R}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{d^2 - R^2} \right)$$

Энэ энерги нь индукцээр цэнэглэгдсэн бөмбөрцөг цэг цэнэг хоёроос тогтох системийн бүрэн энергийг тодорхойлно.

Асуулт 4б.

Дээрх хоёр энергийн ялгавар нь бөмбөрцөг дээрх цэнэгүүдийн түлхэлцлийн потенциал энерги болно.

$$E_{el,2} = E_{el} - E_{el,1} = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R}{d^2 - R^2} \right)$$

**Олон Улсын материал судлалын 4-р эрдэм шинжилгээний хурал БНХАУ-ийн
Хөх хотод болов**

Н.Төвжаргал

Материал судлалын олон улсын хурлыг анх 2010 оноос эхлэн хоёр жил тутам Улаанбаатар хотод зохион байгуулагдаж ирсэн. Энэхүү хуралд анхнаас нь идэвхитэй оролцож ирсэн Өвөр Монголын багшийн их сургуулийн Функциональ материалын физик химийн төв лабораторийн эрхлэгч Проф.док.О.Төгсийн санаачлагаар ээлжит хурлыг 2015 оны 8 дугаар сарын 24- 26 хооронд БНХАУ-ийн ӨМӨЗО-ны Багшийн их сургууль, Монголын физикийн нийгэмлэг, БСШУЯ, МУИС, ШУА-ийн Физик технологийн хүрээлэн болон хамтын ажиллагаатай их дээд сургууль, судалгааны бусад хүрээлэнгүүдтэй хамтран “4th International Conference on Materials Science” нэртэйгээр амжилттай зохион байгуулав.



Энэхүү олон улсын эрдэм шинжилгээний хурал нь материал судлалын чиглэлээр судалгаа хийдэг эрдэмтэн, судлаачдын хамтын ажиллагааг өргөжүүлж, харилцан туршлага судлах, мэдээлэл солилцох, судалгааны ажлын шинэлэг үр дүнгүүдээ танилцуулах зорилготой билээ.

Хурлын нээлтэд Өвөр Монголын багшийн их сургуулийн захирал Проф. Юн Гуохонд, Монголын физикийн нийгэмлэгийн ерөнхийлөгч Проф. Ж.Даваасамбуу, Өвөр Монголын физикийн нийгэмлэгийн ерөнхийлөгч Проф. Ван Шиланг зэрэг албаны хүмүүс оролцож хурлын үйл ажиллагаанд амжилт хүсч үг хэллээ.

Тус хурал БНХАУ, ОХУ, Монгол улсын нийт 100 гаруй эрдэмтэн судлаачид функционал материалын бүтэц шинж чанар, гарган авах болон түүний хэрэглээний талаарх онол, туршлагын сүүлийн үеийн үр дүнгээ уригдсан илтгэл (4), аман илтгэл (15), ханын илтгэл (15) хэлбэрээр хэлэлцүүлэв.

Хуралд Монголын талаас МУИС, ШУА-ийн ФТХ, ШУТИС-ийн нийт 20 гаруй эрдэмтэн багш, судлаачдын бүрэлдэхүүнтэй оролцоод ирлээ.



"Mongolian Journal of Physics" эрдэм шинжилгээний мэргэжлийн сэтгүүл**ХЭВЛЭГДЭНЭ**

Ц. Энхбат

Монголын физикийн нийгэмлэгээс англи хэл дээр эрхлэн гаргах мэргэжлийн төвшинд хянан магадалгаа хийгдэх, олон улсын редакцын зөвлөл бүхий "Mongolian Journal of Physics" физикийн мэргэжлийн сэтгүүлийн анхны дугаарыг хэвлүүлэх байна. Үүнтэй холбогдуулан энэхүү зарыг хүргэж байна. Тус сэтгүүлд өгүүлэл хэвлүүлэх эрдэмтэн судлаачид дараахь зүйлсийг анхаарна уу. Үүнд

1. Та бүхэн энэ дугаарт бүтээлээ хэвлүүлэх бол 10-р сарын 31-ээс өмнө REVTEX формат ашиглан Latex дээр бичсэн бичвэрээ journal@mnglps.mn хаягаар илгээнэ үү? American Physical Society-аас гаргадаг сэтгүүлүүдийн стандартыг ашиглах болсон тул хэрэв суулгаагүй бол revtex суулгах хэрэгтэй. Үүнийг <https://journals.aps.org/revtex> website-аас татаж авч зааврын дагуу суулгаж болно.
2. Хэрэв таны өгүүлэл зураг орох зэргээр хэд хэдэн файлаас бүрдэж байгаа бол zip формат бүхий архив файл үүсгэж явуулна уу? Бусад формат болон, Microsoft Word файлуудыг хүлээж авахгүйг анхаарна уу?
3. Өгүүллээ arxiv.org website-д байрлуулбал интернетээр түгэх, манай сэтгүүлийн нэр хүнд өсөх зэрэг сайн талуудтайг харгалзан үзэж аль болох энэ интернет хуудсанд илгээхийг хичээнэ үү?

Та бүхэнд уг сэтгүүлийн анхны дугаарын редакцын зөвлөлийг танилцуулж байна.

Editorial board:

Editor in Chief	D. Orlokh
Editors	J. Davaasambuu
	B. Battogtokh
	G. Ganbold
	O. Tegus (China)
	U. Pietsch (Germany)
	K. Hradil (Austria)
	G. Khuukhenkhuu
	P. Enkhbayar
	Ts. Enkhbat
	Ts. Baatarchuluun

Publishing board:

D. Munkhkhishig
B. Naranbat

**Монголын физикийн нийгэмлэгийн дэргэдэх
Залуучуудын клуб байгуулагдлаа**

Ж.Дөлгөөн

Монголын Физикийн Нийгэмлэг, Монгол Улсын Шинжлэх Ухааны Академийн Физик технологийн хүрээлэн болон Монгол Улсын Их Сургуулийн Физик боловсрол, Онолын физик, Хатуу биеийн физик, Оптик, спектр судлал, Электроник, Сэргээгдэх эрчим хүч, Цөмийн технологи, Цөмийн физик, Биофизик, Геофизик, Одон орон, Зайнаас тандан судлалын чиглэлээр судалгаа шинжилгээний ажил хийдэг залуу судлаач, багш нар нь төрийн болон төрийн бус байгууллагууд, их дээд сургуулиуд, гадаадад ажиллаж, сурч байгаа физикчидтэйгээ холбоо тогтоон хуралдаж **“МОНГОЛЫН ФИЗИКИЙН НИЙГЭМЛЭГИЙН ДЭРГЭДЭХ ЗАЛУУЧУУДЫН КЛУБ”**-ийг 2015 оны 09 дүгээр сарын 24-ны өдөр Улаанбаатар хотноо байгууллаа.



Монголын Физикийн Нийгэмлэгийн Дэргэдэх Залуучуудын Клуб нь Монгол улсад физикийн шинжлэх ухаан, физик боловсролыг хөгжүүлэх, физик сэтгэлгээг хөгжүүлэх, физикийн ололт амжилтыг нийтэд таниулж сурталчлах, түгээн дэлгэрүүлэхэд залуу судлаач физикчид болон физикийн ухааныг дэмжигчдийг нэгтгэх, тэдний хүчийг төвлөрүүлэх, бүтээлч үйл ажиллагааг тогтмол зохион байгуулж байхаар тогтлоо.

Монголын залуу физикчдийн хамтын ажиллагаа улам өргөжин тэлж байгаад баяртай байна.