

МОНГОЛЫН ФИЗИКИЙН НИЙГЭМЛЭГ



ФИЗИК

Шинжлэх ухаан танин мэдэхүйн сэтгүүл

Дугаар №3

Улаанбаатар хот

2017 он

DDC
070
M-695

Published by the NUM Press, Ulaanbaatar, Mongolia
© The National University of Mongolia, 2017
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

Редактор

Док. Г.Эрдэнэ-Очир

Монгол Улсын Их Сургууль

Док. Ш.Мөнхжаргал

Монгол Улсын Их Сургууль

ГАРЧИГ

Халуун цөмийн урвал

Орчуулсан Б.Алтанхүү, М.Чадраабал 1

Токамак - Цагираган боов, Стелларатор - “Бяцарсан” цагираган боов

Орчуулсан Б.Алтанхүү, М.Чадраабал 5

Одоо ба ирээдүйн гэрэлтүүлэг

Орчуулсан П.Түвшинтөр, Проф. Г.Шилагарди 9

Цемент бетоны химийн хөгжил ба хатуу биетийг боловсруулах физик шинэ чиг хандлага бидний амьдралд

Док. Ц.Эрдэнэбат 20

Хавдар өвчлөлийг эсийн түвшинд илрүүлж, эмчилгээнд дэвшлийг нэвтрүүлэх гоц шаардлага

Л.Дашцэрэн, Проф. О.Лхагва, З.Лхамжав, Л.Лхагвасүрэн, Х.Цэвэлноров,
Д.Дэлгэрцэцэг, Т.Туул 25

Парабол муруйн шинж чанар ба түүнийг физикийн бодлого бодоход ашиглах нь

М.Отгонбаатар 30

Туршилтат бодлого

Г.Мөнхбаяр, Б.Бат-Отгон 35

ЕБС-ийн физикийн гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулах хөтөлбөр

Г.Батсүх, Ц.Баатарчулуун, Р.Бавуудорж, Г.Баасанжав, С.Гэрэлмаа,
Н.Алтангэрэл 40

Навчис яагаад өнгөө хувиргадаг вэ?

Док. С.Мөнхцэцэг 50

Халуун цөмийн урвал

А.А.Акатов, Ю.С.Коряковский

Орчуулсан

Б.Алтанхүү¹, М.Чадраабал²

¹ – МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

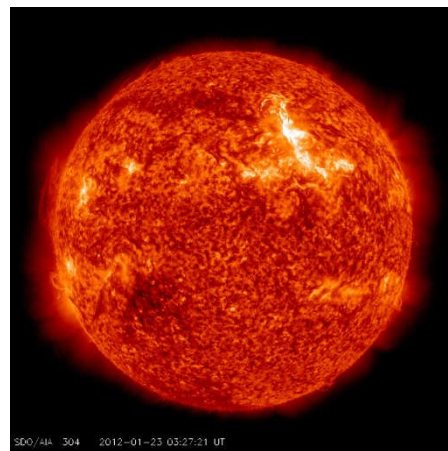
² – Цөмийн энергийн комисс

Манай Дэлхий гарагийг гэрэл, дулаанаар хангаж байдаг гол эх үүсвэр юу вэ? гэсэн асуултанд бараг хүүхэд бүр л “Нар” гэж хариулах байх. Тэгвэл тэр их гэрэл дулаан одны чухам хаана нь бий болдог юм бэ? Энгийнээр асуувал, **Нар яагаад гэрэлтэж дулаан ялгаруулдаг юм бэ?** Үүнд оновчтой хариулт өгөхөд тийм ч хялбар биш ээ. Нарны гадаад давхаргын дээд хэсгийнх (нарны титэм) нь температур аймшигтай их (бараг 1.5 сая градус!!!) байдаг учраас судалгаа шинжилгээний ямар ч багаж төхөөрөмж Наранд дөхөж очих боломжгүй. Гэсэн хэдий ч эрдэмтэд өнөөдөр тодорхой зүйлийг мэдэж авч чадсаан. Чухамдаа Нарны ялгаруулдаг энерги бол цөмийн урвалын үр дүн юм гэдгийг тэд тогтоосон байна.

Нарнаас сек тутамд цацарч буй энерги нь ердийн физик харилцан үйлчлэл юм уу химийн урвалын үед ялгардаг энергитэй харьцуулшгүй асар их аж. Ийм их хэмжээний энерги зөвхөн цөмийн урвалын үед л ялгарах боломжтой юм. Гэхдээ наран дээр явагддаг цөмийн урвалын процесс нь атомын цахилгаан станцын (АЦС) реакторт явагддаг цөмийн урвалаас ялгаатай. АЦС-д ураны цөмийн хуваагдлын гинжин урвалаар энергийг гаргаж авдаг. Харин одны дотор устөрөгчийн атомын цөмүүдийн нэгдэх урвал явагдаж байдаг. Ийм урвал явагдахын тулд асар их температур шаардлагатай учраас “халуун цөмийн урвал” гэж нэрлэдэг байна.

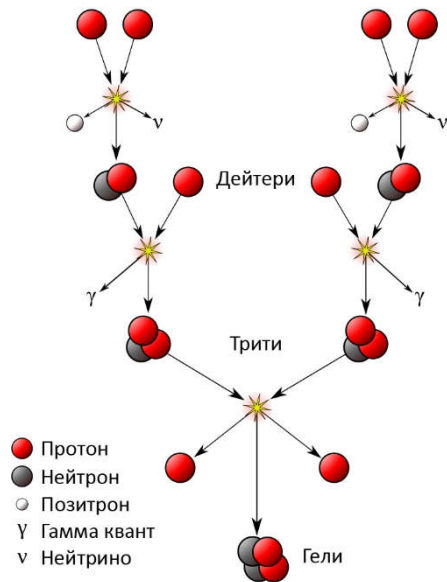
Хамгийн гол нь халуун цөмийн урвалаар ялгарах энерги хуваагдах гинжин урвалаар ялгарах энергиэс үлэмж их байдаг. Тиймээс ч эрдэмтэд энэ урвалыг “жолоодож” сурах гэж олон жилийн туршид оролдож байна. Ингэж чадвал хүн төрөлхтөн Дэлхий дээр өөрийн гэсэн “хиймэл нарыг” бий болгож чадна. Гэвч энэ тийм ч хялбар ажил биш ажээ.

Нар бол плазм төлөвт орших халуун хайлмаг бөмбөлөг юм. Бөмбөлөг дотор халуун цөмийн урвал явагдаж байдаг.
(NASA)



Хөнгөн атомын цөмүүд хоорондоо нэгдэж илүү хүнд атомын цөм үүсгэх урвалыг ерөнхийд нь халуун цөмийн урвал буюу цөмийн нэгдэх урвал гэж нэрлэнэ. Атомын цөм эерэг цэнэгтэй учир цахилгаан статик хүчний үйлчлэлээр нэг нэгнээ түлхдэг.

Тиймээс энгийн нөхцөлд цөмүүд хоорондоо нэгдэхгүй. Харин Нарны гүнд температур 15 сая градус цельс хүрнэ. Ийм өндөр температуртай орчинд атомын цөмүүд түлхэлцэх хүчний үйлчлэлийг давахуйц асар их хурдтай болсноор нэгдэх урвал явагдаж эхэлдэг байна.



Протон-протоны урвал

хэмжээний эрчим хүчийг үйлдвэрлэхийн тулд нүүрс, хий, мазут эсвэл дизель түлш гэхэд л хэдэн зуун грамм зарцуулагдана. Тэр бүү хэл ураны түлш хүртэл хэд дахин их хэмжээгээр шаардагдана. Тэгээд ураныг бас газрын хөрснөөс олборлодог, нөөц нь жилээс жилд багасч байгаа гэдгийг дурдах хэрэгтэй. Гэтэл устөрөгчийг бол уснаас гаргаад авчих боломжтой юм. Өөрөөр хэлбэл, халуун цөмийн эрчим хүчний үйлдвэрлэлийг хөгжүүлснээр хүн төрөлхтөн бараг үл шавхагдах түлшний эх үүсвэртэй болох ажээ.

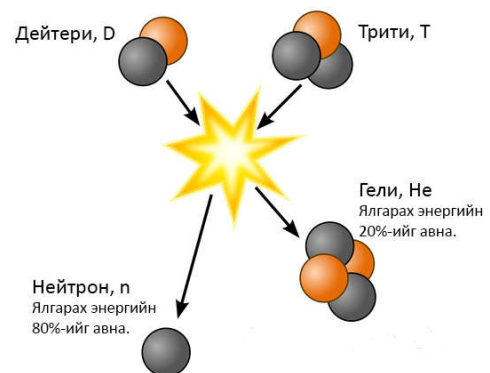
Өндөр температурын плазмыг гаргаж авах, тогтворжуулах

Халуун цөмийн урвал явагдаж эхлэхүйц тийм температурт хүрэх технологийн боломж бий. Ийм урвал явагддаг төхөөрөмжийг ч аль хэдийн бүтээсэн. Энэ нь халуун цөмийн (устөрөгчийн) бөмбөг юм. Устөрөгчийн бөмбөгт дейтери (D) ба тритийн (T) синтезийг хэрэглэсэн байдаг. Энэ нь технологийн хувьд гаргаж авахад хамгийн хялбар халуун цөмийн урвал бөгөөд үр дүнд нь гелийн цөм (^4He) болон нейтрон (n) үүсч, энерги ялгарна. Зөвхөн нэг гелийн цөм үүсэхэд ялгарах энерги нь нүүрстөрөгчийн нэг атомыг шатаахад зарцуулах энергиэс сая дахин их байдаг. Бидний хэрэглэж ирсэн уламжлалт түлштэй харьцуулахад халуун цөмийн түлшний АҮК нь ийм л өндөр байна. Гэхдээ устөрөгчийн бөмбөгт “жолоодлогогүй” урвал явагдаж байдаг гэдгийг онцлох хэрэгтэй. Тиймээс эрчим хүчний үйлдвэрлэлд ашиглаж

Ийм нөхцөлд аливаа бодис эмх замбараагүй хөдлөх электрон ба цөмүүдийн хольц хэлбэрээр орших бөгөөд үүнийг *плазм* төлөв хэмээн нэрлэдэг. Нар устөрөгчөөс голчлон тогтдог болохоор тэнд устөрөгчийн цөмүүд хоорондоо нэгдэх урвал явагдана. Устөрөгчийн цөм нь ганц дан протоноос бүрдэх учир ийм урвалыг заримдаа *протон-протоны халуун цөмийн урвал* гэнэ.

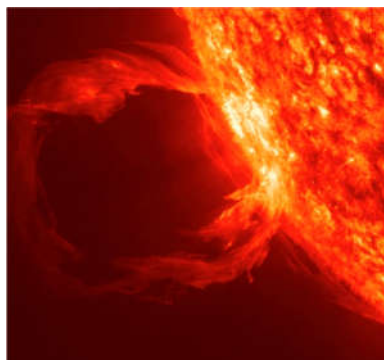
Ер нь энэ халуун цөмийн урвал гээч ийм төвөгтэй процессыг өөрсдийн дэлхий дээр гаргаж авах ямар шаардлагатай вэ? Өнөөдөр байгаа эрчим хүч үйлдвэрлэх арга технологиудтай харьцуулахад энэ чинь тэгээд хэр ашигтай вэ?

Нэг киловатт-цаг эрчим хүч гаргаж авахад нэг миллиграмм хэтрэхгүй хэмжээний устөрөгч шаардагдана гэдгийг тооцоо харуулдаг. Адил



Дейтери, трити нэгдэж гели үүсгэх урвал

болохгүй. Халуун цөмийн урвалыг “энхийн” зорилгоор ашиглахын тулд зарчмын хувьд цоо шинэ бүтэц зохион байгуулалт бүхий төхөөрөмж шаардлагатай юм.



Наран дээрх аварга том дөл (NASA).

Халуун цөмийн технологийн гол асуудал бол урвал явагдахад шаардлагатай бараг зуун сая градус цельсийн итгэмээргүй өндөр температурыг тэсвэрлэж чадахуйц тийм төхөөрөмжийг бүтээх явдал билээ. Ингэтлээ халсан плазмыг гадаад орчин луу алдалгүйгээр тогтоож барина гэдэг нь цөмийн реактор дотор ураны хуваагдлын гинжин урвалыг эхлүүлэхээс ч адармаатай ажил ажээ.

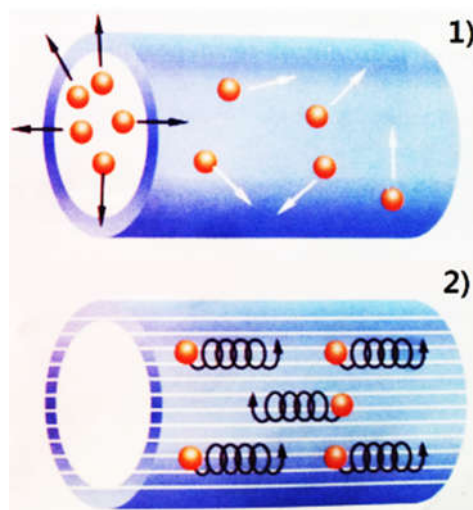
Шийдэлд хүрэх арга замыг бас л Нар “хэлж өгөв”. Наран дээр протуберанц буюу дөл хэмээх үзэгдэл ажиглагддаг байна. Энэ нь нарны титмээс гадаад орчин руу сугаран гараад хэсэг хугацааны туршид нарны соронзон орны

үйлчлэлээр тогтоон баригддаг халуун плазмын урсгал юм. Үүнтэй адил зүйлийг бий болгох санаа эрдэмтдэд төржээ. Өөрөөр хэлбэл плазмыг соронзон орноор урхидан тогтоож барьдаг тийм төхөөрөмж бүтээнэ гэсэн үг. Ийм төхөөрөгт, соронзон орон дахь цэнэгт бөөмийн хөдөлгөөний эффектйг ашиглана. Плазмыг бүрдүүлэгч цэнэгт бөөмсийг соронзон орны шугамын дагуу явуулахад бөөмс спирал траектороор хөдөлж эхэлнэ. Ингэж халуун плазмын урслалыг реакторын хананд хүргэхгүй байлгаж болно.

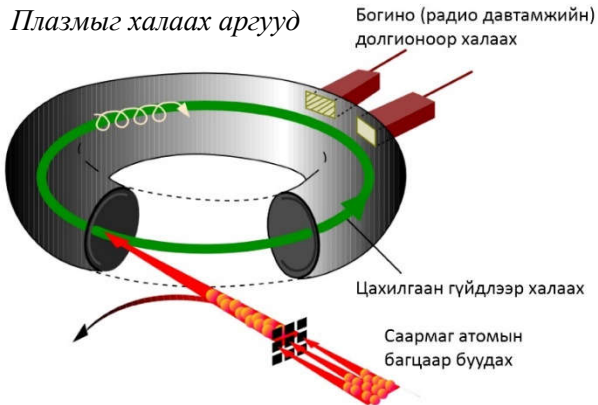
Тэгэхээр, гол бэрхшээлүүдийн нэг болоод байсан плазмыг хэрхэн тогтоож барих асуудлыг шийдвэрлэх боломжтой юм байна. Үүнээс гадна плазмыг хэрэгтэй температурт хүртэл хэрхэн халаах асуудал бий. Үүнийг хэд хэдэн аргаар гүйцэтгэж болно:

- Плазм дундуур хэдэн сая амперын гүйдэл гүйлгэх замаар плазмыг халаах. Энэ арга зөвхөн плазмыг анхны удаа халаахад тохирно гэдгийг онцлох хэрэгтэй.
- Тусгай хурдасгагч төхөөргүүдийн тусламжтайгаар дейтерий болон тритийн атомуудыг хурдасгах. Хурдассан атомууд плазм руу нэвтэрч цөмүүдтэй мөргөлдөхдөө энерги дамжуулна. Үр дүнд нь плазмын температур нэмэгдэнэ.
- Плазмыг богино долгионоор шарах (богино долгионы зуухтай адил зарчмаар). Богино долгион нь плазмыг халаана. Бас плазм дотор нэмэлт гүйдэл үүсгэнэ. Тэгснээр плазмын температур улам нэмэгдэнэ.

Халуун цөмийн урвалыг нэгэнт эхлүүлсний дараа бол плазм өөрөө өөрийгөө халаагаад байх (температураа шаардлагатай түвшинд нь барих) боломжтой юм. Учир нь нэгдэх урвалаар үүссэн өндөр хурдтай гелий нь дейтери ба тритийн цөмтэй мөргөлдөхдөө энергиэ тэдэнд өгнө.



Соронзон урхины ажиллах зарчим. Соронзон орон байхгүй (1) ба байгаа (2) үеийн цэнэгт бөөмсийн хөдөлгөөн.



Хэдийгээр эрдэмтэд өнөөдөр халуун цөмийн физикийн салбарт тодорхой амжилтанд хүрсэн ч плазмын өөрөө өөрийгөө халаах процессыг өрнүүлж чадахгүй л байгаа юм. Мөн реакторын ханыг хийх материалыг сонгоход ч бэрхшээл үүснэ. Учир нь нейтроны болон плазмын хүчтэй урсгалыг тэсвэрлэж чадах тийм материалаар реакторыг угсрах ёстой. Чухам эдгээр асуудал дээр

өнөөдөр эрдэмтэн судлаач, зохион бүтээгчдийн анхаарал төвлөрөөд байгаа билээ.

Хэрэвзээ хүн төрөлхтөн технологийн энэ бүх бэрхшээл саадыг давж халуун цөмийн реакторыг угсарч ажиллуулж чадлаа гэж бодоход түүнээс гарах бодит үр өгөөж юу байх вэ? Халуун цөмийн урвалаас ялгарах энерги цөмийн хуваагдах урвалын энергиэс их байдаг гэдгийг өмнө дурдсан. Гэвч энэ нь цорын ганц давуу тал биш ажээ. Халуун цөмийн реактор нь цацрагийн аюулгүй байдлын үзүүлэлтээр одоогийн уранаар ажилладаг уламжлалт цөмийн реактороос хол илүү байх юм. Яагаад тэр вэ?

- Нэгдүгээрт, плазмын нягт агаарын нягтаас хэдэн сая дахин бага байдаг. Үүний ачаар, реакторын ажлын орчин дотор ноцтой аваар осолд хүргэхүйц хэмжээний дулаан ба энерги хэзээ ч хуримтлагдахгүй. Хэрэв ямар нэг асуудал үүслээ гэхэд плазм тэр дороо унтрах болно. Мөн энэ шалтгаанаар реактор дотор халуун цөмийн дэлбэрэлт явагдана гэдэг зарчмын хувьд боломжгүй болж байгаа юм.
- Хоёрдугаарт, цөмийн зэвсгийн түүхий эд болох уран, плутоний гэх мэт цацраг идэвхит материалыг халуун цөмийн реактороос гаргаж авах боломжгүй.
- Гуравдугаарт, уламжлалт цөмийн реакторын гаргадаг цацраг идэвхит хаягдлыг (цөмийн шаар) тусгай хараа хяналтын дор удаан хугацаагаар хадгалахаас өөр аргагүй байдаг. Халуун цөмийн реактороос ийм удаан хадгалах хаягдал гарахгүй. Мэдээж реакторын хана болон бүтцийн бусад материалууд нь нейтроны хүчтэй шарлагад байнга өртөж байх учраас цацраг идэвхит шинж чанартай болж тодорхой хэмжээний цацраг идэвхит бодис ялгаруулж эхлэх болно. Үүнийг шийдэх нэг арга нь хагас задралын үе багатай элементүүд агуулсан хайлш материалаар реакторыг угсрах явдал. Ингэсэн тохиолдолд цацраг идэвхит шинж чанар харьцангуй богино хугацаанд буурч аюулгүй түвшинд хүрэх болно. Одоо ч гэсэн цөмийн эрчим хүчний үйлдвэрлэлд үүнийг хэрэгжүүлж байгаа. Асуудлыг бүр үндсээр нь шийдэх өөр нэг арга зам бол дейтери-тритийн түлшний оронд дейтери-гели³-ын хольц түлш хэрэглэдэг болох. Энэ тохиолдолд халуун цөмийн урвалаар нейтрон ялгарахгүй болох юм.

Ном зүй.

- А.А.Акатов, Ю.С.Коряковский, “*Будущее ядерной энергетики. Термоядерные реакторы*”, М. : АНО “Информационный центр атомной отрасли”, 2012, 3-9 тал.

**Токамак – Цагираган боов,
Стелларатор - “Бяцарсан” цагираган боов**

А.А.Акатов, Ю.С.Коряковский

Орчуулсан

Б.Алтанхүү¹, М.Чадраабал²

¹ – МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

² – Цөмийн энергийн комисс

Одон дээр явагддаг халуун цөмийн процессыг тайлбарласан онол бүр Дэлхийн 2-р дайны өмнө бий болсон. Гэвч эрдэмтэд анхандаа халуун цөмийн энергийг ашиглах тухай ярих нь байтугай бүр ийм урвалыг дэлхий дээр явуулж үзнэ гэдгийг бүтэхгүй санаа гэж үзэж байв.

1953 онд халуун цөмийн бөмбөг бүтээгдсэн нь хүн төрөлхтөн хөнгөн цөмүүдийн нэгдэх урвалыг ашиглаж чадсан анхны тохиолдол байсан бөгөөд цаашид энхийн зорилгоор ашиглаад эхлэхэд ямар ч асуудал байхгүй мэт харагдаж байв. Гэвч ийм урвалын амин сүнс болсон өндөр температурт плазм нь “номхотгоход” тун хэцүү объект болж таарав.



Андрей Дмитриевич Сахаров
(1921-1989)

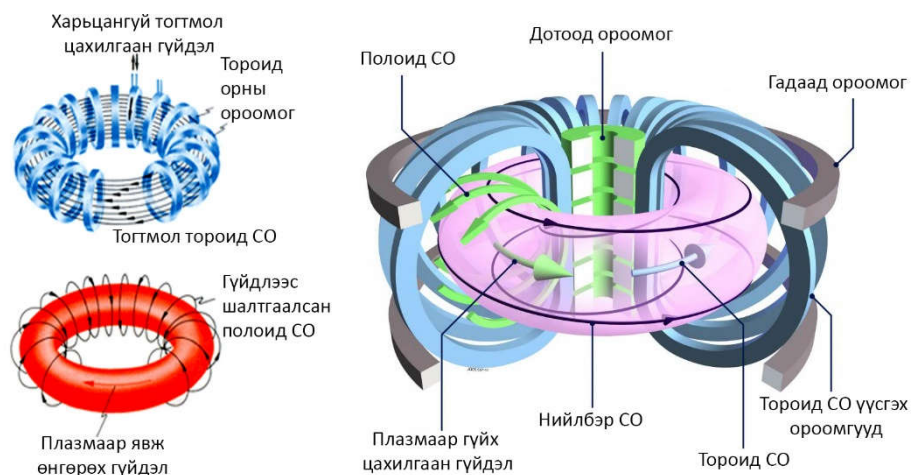


Игорь Евгеньевич Тамм
(1895-1971)



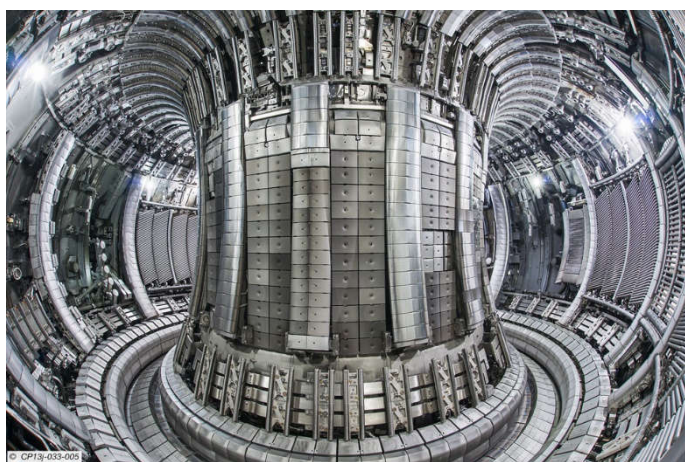
Леонид Андреевич
Арцимович (1909-1973)

ТОКАМАК хэмээх төхөөрөмж бүтээгдсэнээр эрдэмтэд анх удаа өөрсдөд нь хэрэгтэй параметр бүхий плазмыг гаргаж авч чаджээ. Өмнө нь зөвлөлтийн анхны халуун цөмийн зэвсгийг хийх ажлыг гүйцэтгэж байсан Сахаров, Тамм нарын эрдэмтэд уг төхөөрөмжийг бүтээсэн байна. **ТОКАМАК** гэдэг нь “**Т**Ороидальная **К**амера с **М**Агнитным **К**атушкой” (соронзон ороомог бүхий тороид камер) гэсэн нэрийн товчлол. Энэ нь цагираган боов шиг хэлбэртэй вакуумжуулсан камер дотор тусгай **тороид** (гархи хэлбэрийн) соронзон орны тусламжтайгаар плазмыг тогтоон барьдаг төхөөрөмж юм. Плазмын цэнэгт бөөмс уг соронзон орны хүчний шугамын дагуу хөдөлнө. Камерт байрлуулсан ороомог плазмыг гадагш алдахгүй тогтоон барих соронзон урхийг үүсгэнэ. Плазмыг шахаж, халааж бас тэнцвэрт төлөв байлгахын тулд дундуур нь цахилгаан гүйдэл гүйлгэнэ. Ингэснээр плазмын температур нэмэгдэж, бас плазмыг гадуур нь “бүрхсэн” **полоид** соронзон орон бий болдог байна. Гүйдлийн хүчийг алгуур ихэсгэхэд камер дотор хуйларсан цахилгаан орон үүснэ. Энэ цахилгаан орон нь халуун цөмийн түлшийг (дейтерий-тритийн хийн хольц) иончилж плазм төлөвт шилжүүлнэ. Плазмд нэмэлт халаалт өгөхийн тулд түүнийг богино долгионоор шарах юм уу эсвэл дейтери, тритийн саармаг (нейтрал) атомуудаар “гарьдаг” байна.



Токамакийн ажиллах зарчим

Анхны токамакийг 1955 онд ЗХУ-д ашиглалтад оруулжээ. 1968 онд Т-3 төхөөрөмж дээр академич Л.А.Арцимовичийн удирдлага дор плазмыг 10 сая градус хүртэл халааж



Одоогийн байдлаар ажиллаж буй дэлхийн хамгийн том токамак бол JET (Англи).

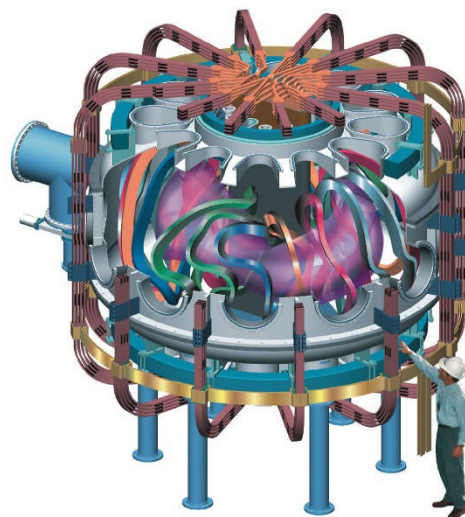
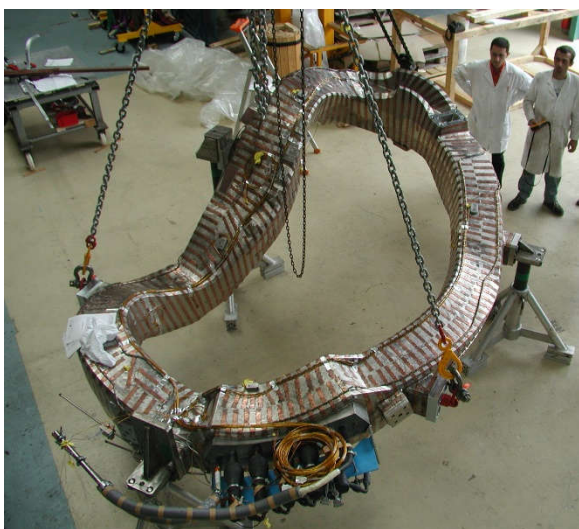
чадсан нь хүрэх ямар ч боломжгүй гэж өмнө нь үзэж байсан халуун цөмийн нэгдэх урвалын температурыг гаргаж авч чадсан анхны тохиолдол болов. Үүнээс хойш токамак төхөөрөмжийг жолоодлоготой халуун цөмийн урвалыг хэрэгжүүлэх боломжит арга зам хэмээн үзэх болсон бөгөөд 1985 онд Женевт ЗХУ-ын санаачилгаар Олон улсын халуун цөмийн туршилтын реактор (ITER) угсрах шийдвэрийг баталжээ. Энэ нь үнэн хэрэгтээ аварга том токамак юм. ITER-ийг Францын Кадараш хотод барьж буй бөгөөд

одоогийн байдлаар барилга угсралтын шатандаа яваа. ОХУ нь уг төслийн томоохон оролцогчдын нэг бөгөөд ITER реакторт зориулагдсан өндөр технологийн тоног төхөөрөмжийг хийж байгаа юм. Токамакийн дараагаар бүтээгдсэн өндөр температурын плазм гаргаж авах зориулалттай төхөөрөмж бол стелларатор (латин хэлний *stella* – од хэмээх үгээс гаралтай) юм. Энэ төхөөрөмжийн токамакаас ялгарах гол ялгаа бол плазмыг тогтоон барихын тулд түүгээр гүйдэл гүйлгэхгүй харин гадаад соронзон ороомог хэрэглэнэ.

Гэхдээ стеллараторын камер болон ороомог нь геометр бүтцийн хувьд тун этгээд хэлбэр дүртэй байх ёстой аж. Үүнийг хэрэгжүүлнэ гэдэг нь өнөөгийн техник технологийн боломжоос бараг хэтэрсэн үйл ажиллагаа байдаг байна. Энэ ч утгаараа стеллараторыг үйлдвэрлэх процесс токамакийг бодвол хавьгүй төвөгтэй.

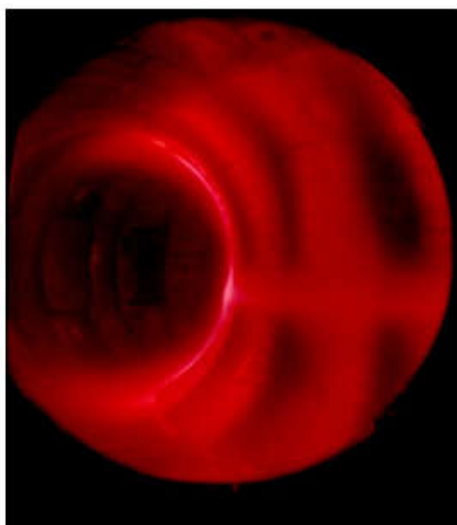
Өнөөдрийн байдлаар олон төрлийн стелларатор бүтээгдээд буй. Эдгээрээс хамгийн энгийн нь “бяцарсан цагираган боов” хэмээх стелларатор юм. Энэ үнэхээр тохирсон хоч гэдгийг хэлэх хэрэгтэй.

Токамактай харьцуулахад хэд хэдэн давуу тал стеллараторт бий. Өвөрмөц хэлбэр дүрсийн ачаар соронзон орныг олон жилийн туршид (хэдэн жилээр) “асаалттай” байлгах боломжтой учир плазм нь стелларатор дотор хязгааргүй урт хугацаанд тогтвортой оршиж чадна. Токамакийн хувьд доторх плазм тороид хэлбэрээ гэнэт алдсанаас болж камерын хана эвдэрч нурах ноцтой эрсдэл байдаг бол стеллараторын хувьд ийм аюул байхгүй. Гэх мэт шалтгааны улмаас стелларатор нь хэдийгээр токамакаас хожим бүтээгдсэн ч гэсэн богино хугацаанд токамакийг ардаа орхин ирээдүйд халуун цөмийн реакторын үндэс суурь болох магадлалтай байгаа юм.

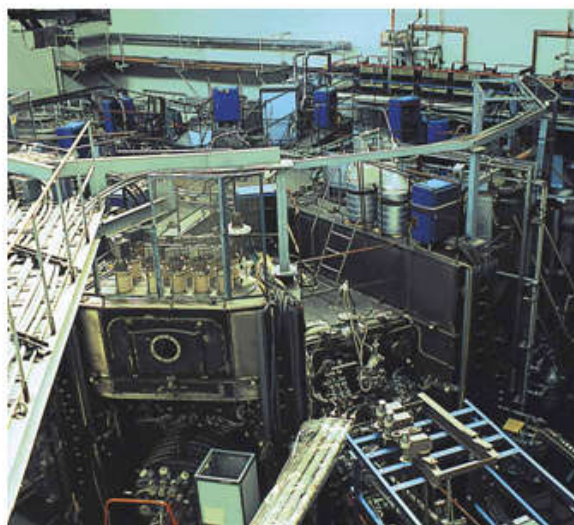


Стеллараторын ороомог ба 3D загвар (АНУ-ын Oak-Ridge үндэсний лаборатори).

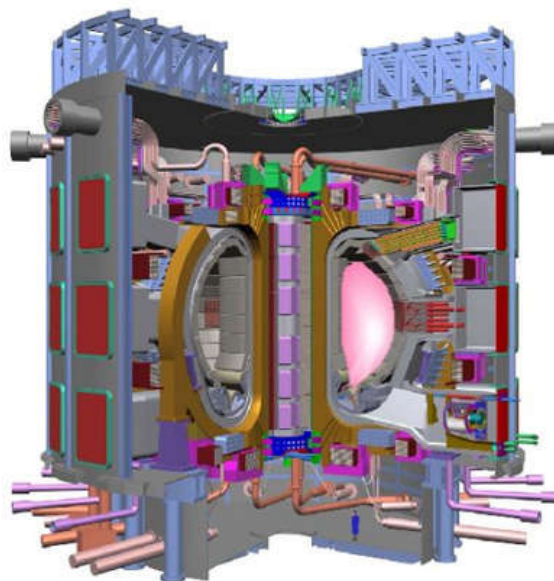
Гэхдээ л, халуун цөмийн эрчим хүч үйлдвэрлэдэг болохын тулд нэгдүгээрт, плазмыг өөрөө өөрийгөө халаадаг болгох, хоёрдугаарт, плазмыг найдвартайгаар тогтоон барих гэсэн нөхцлүүдийг нэгэн зэрэг хангасан байх ёстой юм. Харин токамак, стеллараторын аль аль нь дээрх шаардлагыг хангаж чадаагүй л байна. Эдгээр төхөөрөмж одоохондоо зөвхөн эрчим хүч хэрэглэж буй болохоос үйлдвэрлэх гэж “яарахгүй” л байгаа билээ.



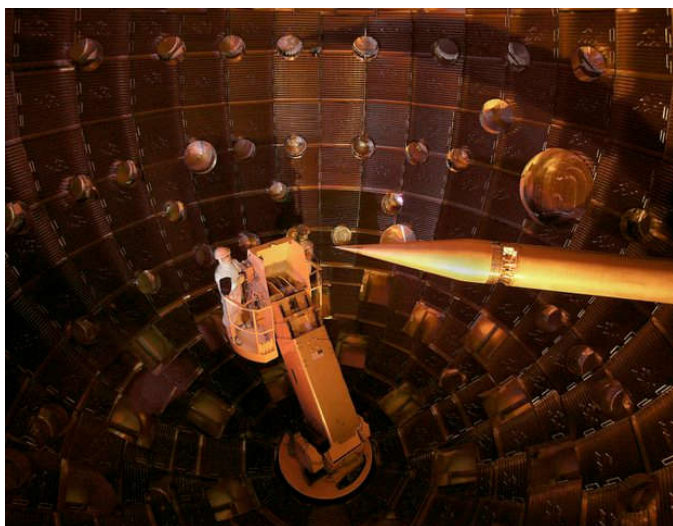
Токамак доторх плазмын гэрэлтэлт.



Москвагийн Курчатовын нэрэмжит хүрээлэн дэх сүүлийн үеийн T-15 токамак.



Францад угсарч буй ITER туршилтын реакторын 3D загвар (iter.org).



Дэлхийд хамгийн томд тооцогдох NIF лазерын төхөөргийн бичил халуун цөмийн урвал явуулах камер. Баруун талд, халуун цөмийн цэнэг агуулсан хошуу (АНУ-ын Э.Лоуренсийн нэрэмжит Ливерморын үндэсний лаборатори).

Жолоодлоготой халуун цөмийн урвал явуулах гуравдах боломжит хувилбар бас байдаг нь маш бат бөх камер дотор халуун цөмийн бичил дэлбэрэлтүүд явуулах арга юм. Үүнийг инерцит халуун цөмийн урвал гэнэ. Гэхдээ энэ технологийг ирээдүйтэй гэж хэлэхэд учир дутагдалтай. Юуны өмнө, ийм төхөөрөмжийг ажиллуулахын тулд маш хүчтэй лазерууд шаардагдана. Эдгээр лазераар бараг 10 кельвин градус хүртэл хөргөсөн дейтерий, тритийн хольц бүхий байг (түлшийг) буудна. Реакторын чадлыг хангалттай өндөр түвшинд хүргэхийн тулд нэг секундэд хэд хэдэн удаа буудах ёстой болно. Гэтэл одоогийн байдлаар дээрх лазерууд хэдэн цагийн туршид ганцхан импульс цацраг үүсгэж асар их хэмжээний энергийг хэрэглэж байгаа юм.

Ном зүй.

- А.А.Акатов, Ю.С.Коряковский, “Будущее ядерной энергетики. Термоядерные реакторы”, М. : АНО “Информационный центр атомной отрасли”, 2012, 10-15 тал.

Одоо ба ирээдүйн гэрэлтүүлэг

Гэрэлтэгч диодын дотор явагдах үзэгдэл

Орчуулсан

П. Түвшинтөр, Г. Шилагарди

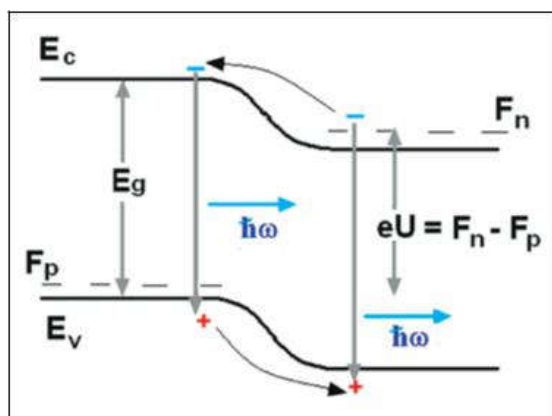
МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

Үелэх системийн 4-р бүлгийн элемент цахиур (Si), германи (Ge) бол бид бүхний мэддэг уламжлалт хагас дамжуулагч бодис юм. Гэрэлтэгч диодыг үйлдвэрлэхэд орчин үед одоо бараг сонгодог хагас дамжуулагч болсон $A^{III} B^V$ нэгдлийн бүлэгт хамаарах арсенид, фосфид, нитрид галли, инди ба хөнгөн цагааныг хэрэглэнэ (GaAs, GaP, AlAs, InP, InAs, GaN, InN, AlN гэх мэт).

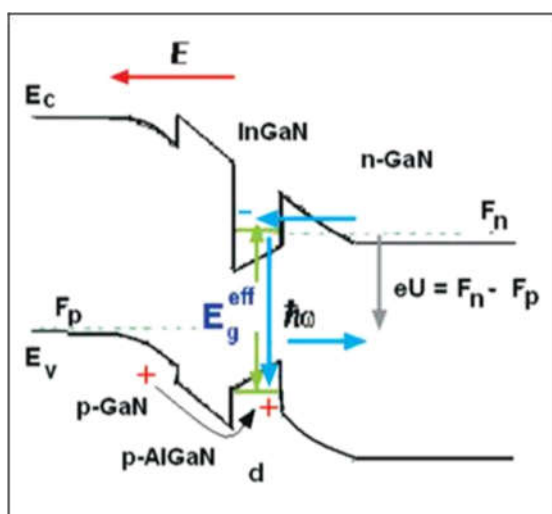
Эдгээр бодисын кристалл торын хос атом бүхэнд 8 электрон харьяалагдана (Si, Ge-д $4+4$, GaAs, GaN гэх зэргийн $A^{III} B^V$ бүлгийн нэгдэлд $3+5$). Эдгээр электронууд бат бэх валентын холбоосыг үүсгэх тул цахилгаан оронд чөлөөтэй хөдөлгөөн хийж чадахгүй. Иймээс маш бага температурт идеал бүтэцтэй кристаллын дотор ч гүйдэл зөөгчид байхгүй. Температур ихсэхэд валентын холбоос тасарснаас электрон ба валентын холбоосын байранд эерэгээр цэнэглэгдсэн чөлөөтэй байр буюу “нүх” үүснэ. Эдгээр чөлөөт электронууд ба нүхнүүд цахилгаан орны үйлчлэлээр кристаллын дотор чөлөөтэй хөдөлж гүйдэл зөөгчид болно. Хагас дамжуулагч дотор электрон ба нүхний хосыг үүсгэхэд зарцуулах энергийг хаалттай зоны өргөн E_d гэнэ.

Гадны хольц бас хагас дамжуулагчид гүйдэл зөөгчдийг үүсгэж болно. Хэрэв $A^{III} B^V$ бүлгийн хагас дамжуулагчийн кристаллын тавдугаар бүлгийн атомыг (GaN-ийн азот N-ыг) хольц болох зуравдугаар бүлгийн атомаар соливол (хүчилтөрөгчөөр) илүүдэл электрон эерэг цэнэгтэй цөмөөс хялбархан сална. Ийм хольцыг донорын хольц гэнэ. Үүнтэй нэгэн адил гуравдугаар бүлгийн элементийг (галий, Ga) дөрөвдүгээр бүлгийн элементээр (цахиур, Si) соливол тэр нь бас л донорын хольц болно. Донорын хольцтой хагас дамжуулагчийн электроны концентрац нүхнийхээсээ хэдэн эрэмбээр их байна. Ийм хагас дамжуулагч n-төрлийн дамжуулалтай байна. Харин кристалл торын гуравдугаар бүлгийн (GaN-ийн, галий) атомыг хоёрдугаар бүлгийн атомаар (Mg) соливол түүнийг тойрон хүрээлэх тавдугаар бүлгийн атомтай ковалент холбоос үүсгэхэд нэг электрон дутах тул ойр орчмынхоо атомаас нэг электрон авахад нэг хоосон холбоос буюу нүх үлдэнэ. Энэ тохиолдолд Mg нүх үүсгэх тул акцептор болно. Акцепторын хольцтой хагас дамжуулагчийн доторх нүхнүүдийн концентрац электроныхоосоо хэд хэдэн эрэмбээр их тул p-дамжицтай гэнэ. Хагас дамжуулагчийн дотор донороор чанаржуулсан n-дамжицтай муж ба акцептороор чанаржуулсан p-дамжицтай мужийн хил дээр (p-n) шилжилт хэмээх бүтцийг үүсгэдэг. Хэрэв хагас дамжуулагч дотор гаднын өдөөгчийн тусламжтай тэнцвэргүй гүйдэл зөөгчдийг (электрон ба нүхнүүд) үүсгэсэн бол тэнцвэртэй төлөвөө сэргээхийн тулд электронууд (дамжицын зонд байгаа) өндөр энергитэй төлвөөсөө арай бага энергитэй хоосон төлөвдөө (валентын зон дахь нүхнүүдэд) шилжихдээ электрон ба нүхнүүд өөр хоорондоо нийлж рекомбинацад орно. Энэ үед электронууд түүнийг өдөөхөд зарцуулсан энергийг гэрлийн $\hbar\omega$ квант хэлбэртэй буцааж ялгаруулах (цацралын рекомбинац) буюу эсвэл кристаллын торын дулааны хэлбэлзэл (цацралгүй рекомбинац)

хэлбэртэй сарниулна. Цацруулах рекомбинацын магадлал хагас дамжуулагч доторх электроны энергийн спектрээс хамаарна.



Нэмэх хүчдлийг (p-n) шилжилт бүхий диодын р-мужид өгсөн буюу шууд чиглэл уруугаа ажиллаж байгаа диодын энергийн диаграмм. Энэ үед n ба p – мужийн хоорондох потенциал саадын өндөр багассанаас нүхнүүд n- муж руу, электронууд р- муж руу диффузлэнэ (инжекцлэнэ). Сумнуудаар (p-n) шилжилтээр гүйдэл шууд чиглэл руугаа гүйж байхад электрон ба нүхний инжекцлэх чиглэл, дараа нь $\hbar\omega$ квант цацруулан рекомбинацлахыг харуулав. Үүний E_g - электрон ба нүхний хос үүсгэхэд зарцуулах энерги буюу хаалттай зоны өргөнтэй тэнцэнэ.



Гүйдлийг нэвтрүүлэх буюу шууд чиглэлдээ ажиллаж байгаа p-GaN/In_xGa_{1-x}N/n-GaN бүтэцтэй (p-n) шилжилт бүхий давхар гетеробүтцийн энергийн диаграмм. Нүхнүүд р- мужаас хаалттай зоны өргөн багатай In_xGa_{1-x}N мужид инжекцлэн орж цаашидаа нүхнүүдийн нэвчилтийг хязгаарлах үйлчлэлтэй потенциал саадыг давж n-мужид нэвтрэн орно. Харин электронууд n-мужаас In_xGa_{1-x}N муж руу инжекцлэхдээ тэдгээрийг р- мужид орох процессыг хязгаарлах потенциал саадыг давна.

(p-n) шилжилтийн орчим мужид тэнцвэргүй гүйдэл зөөгчид нэг мужаас нөгөө муж руу инжекцлэж (электронууд n- муж руу, нүх р муж руу) дараа нь рекомбинацад орно. Рекомбинацийн зарим хэсэг $\hbar\omega$ гэрлийн квант ялгаруулах замаар (инжекцийн цахилгаан люминесценц) буюу энэ үед цахилгаан энерги цацралын энерги болон хувирна.

Цацралын квантын энерги, дамжицын зоны ёроолын энерги E_c ба валентын зоны оройн энерги E_v - ийн хоорондох ялгавартай тэнцэнэ. Энэ ялгавар хагас дамжуулагч бодисын чухал параметр болох хаалттай зоны өргөнтэй тэнцэнэ. Хэрвээ $E_g = E_c - E_v$ хэмжигдэхүүн үзэгдэх гэрлийн мужид харгалзвал ($\lambda = 400 \dots 800$ нм, $\hbar\omega = 3.1 \dots 1.6$ эВ) цацруулагч диод гэрлийн эх үүсгэвэр болж чадна. A^{III} B^V нэгдлүүдийн дотор цацралын рекомбинацад орох магадлал ихтэй хагас дамжуулагчид байдаг. Эдгээрийн тоонд, GaAs, GaN ба эдгээрт ойролцоо шинж төрхтэй Al_xC_{1-x}As ба In_xGa_{1-x}N гэх мэтийн хатуу уусмалууд орно.

Гэрэлтэгч диодууд гэдэг бол (p-n) шилжилт бүхий хагас дамжуулагч диодууд бөгөөд тэдгээр нь цахилгаан энергийг маш үр дүнтэйгээр гэрлийн энерги болгон хувиргадаг. Тэнцвэргүй электрон ба нүхний хосууд хэдийчинээ их бол цацралын рекомбинац өгөх магадлал төдийчинээ их байна.

Янз бүрийн хагас дамжуулагч нэгдлүүдээс ургуулан авсан кристаллын хил дээр харилцан адилгүй өргөнтэй хаалттай зон бүхий муж үүсвэл, хилийн орчим дахь энэ хэсгийг гетеро-шилжилт буюу гетеро-бүтэц гэнэ. Өнгөрсөн зууны 60-аад оны үед А.Ф.Иофегийн нэрэмжит физик-техникийн институтийн Жорес Иванович Алфероваар удирдуулсан хэсэг эрдэмтэд $A^{III} B^V$ бүлгийн нэгдэл болох арсенид галлий (GaAs) дээр үндэслэгдсэн гетеро-бүтцийг судалж, арсенид галлий ба арсенид галлий- хөнгөн цагаанаас ($GaAs/Al_xGa_{1-x}As$) тогтох гетеро-шилжилт бараг идеал бүтэцтэй буюу гетеро-хил дээрх дефект (эвдрэл) ба дислокацийн концентрац асар бага байв. Энэ давхар гетеро-бүтцийн рекомбинацийн цацрал буюу цацралын квант гаралт 99.7% хүрч байв. Энэ үр гетеро-бүтцийг хэрэглэн өгөөж сайтай гэрэлтэгч диод ба лазерыг зохион бүтээж болохыг харууллаа. Ж.И.Алферовын энэ ажлуудыг үнэлэн 2000 онд түүнд Нобелийн шагнал хүртээсэн юм. Электрон ба нүхнүүдийн рекомбинац явагдах муж зоны өргөн багатай хэсгийн өргөн d-ээр тодорхойлогдоно.

Хагас дамжуулагч нимгэн хальс ургуулах орчин үеийн аргыг хэрэглэн энэ мужийг маш нимгэн буюу хэд хэдэн атомын үеэс тогтох нанометрийн хэмжээтэй гарган авч чадлаа. Ийм бага зайд электрон долгиолог чанартай болох тул тооцоог квант механик хэрэглэн хийх тул ийм гетеро-бүтцийг заримдаа квант нүх гэж нэрлэнэ. Квант нүхэн доторх электрон ба нүхнүүдийн энерги нүхний өргөн d-ээс хамаарна.

Квант нүхний өргөн маш бага байдгаас болж түүн дотор инжеклэгдсэн электрон ба нүхнүүдийн концентрац адилхан гүйдлийн нягттай ердийн (p-n) шилжилттэй харьцуулахад асар их байдаг. Үүнээс болж цацралын рекомбинацын нягт ба цацралын дотоод квант гаралт мөн төдий чинээ өснө.



Хөх өнгөөр гэрэлтэгч диодыг бүтээж 2014 онд Нобелийн шагнал хүртсэн физикчид Нобелийн шагнал хүртээх ёслол дээр. И.Акасаки, Х.Аmano, Ш.Накамура (зүүнээс баруун).

Нитрид галлийгаар үйлдсэн гэрэлтэгч диодууд

XX-зууны 60-90 оны үед $A^{III} B^V$ төрлийн хагас дамжуулагч нэгдлүүдийг хэрэглэн зохион бүтээсэн гэрэлтэгч диодууд буй болсон, тухайлбал, $GaAs/Al_xGa_{1-x}As$ -ын гетеро-бүтэц дээр үндэслэгдсэн улаанаар гэрэлтэгч диод, азотоор чанаржсан фосфид галлийгаар үйлдсэн ($GaP:N$) шаравтар ногооноор гэрэлтэгч диод, $Al_xIn_yGa_{1-x-y}P$ -ийн хатуу уусмалыг ашиглан бүтээсэн хуван шар өнгөөр гэрэлтэгч диод гэх мэт. Үүнээс хойш хориод жилийн дотор цэнхэр ба нил ягаанаар гэрэлтэгч диодыг бүтээж чадсангүй. Гэрлийн долгионы урт λ хэчнээн бага байвал, хагас дамжуулагч бодисын хаалттай зоны өргөн төдийчинээ их болж, ийм өргөн хаалттай зонтой хагас дамжуулагч кристаллыг ургуулан гарган авах температур ихсэхээс гадна технологи нь нарийн бэрх болдог.

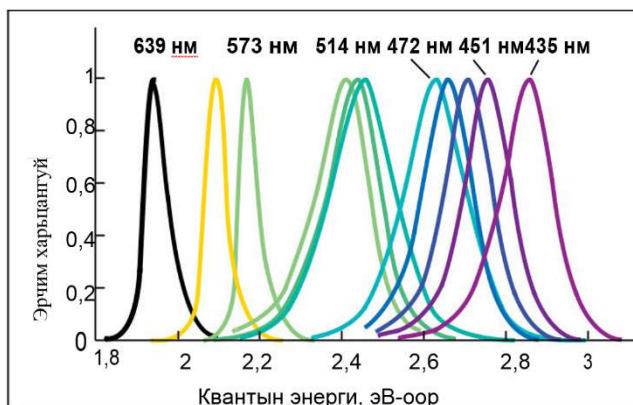
1980 оны сүүлчээр Нагоягийн их сургуулийн профессор Исаму Акасаки ба Хироси Амоно нар нитрид галлийгаар үйлдсэн (GaN) хөх өнгөөр гэрэлтэх диод бүтээх ажлыг урагшлуулахад шийдвэртэй алхмыг хийсэн байна. Эд нар металло-органик нэгдлээс нитрид галийн (GaN) эпитаксиаль нимгэн хальсыг ургуулах технологийг боловсронгуй болгож, кристаллын нимгэн үеийн доторх дефект ба дислокацийн нягтыг хэдэн арав дахин багасгаж чадсан байна. Эцэст нь нитрид галийн дотор (GaN) спектрийн хөх мужид гэрэл цацруулдаг (p-n) шилжилтийг гарган авчээ. Эдгээр ажлаараа И.Акасаки 2009 онд Киотогийн шагналыг хүртжээ.

1990 оны эхээр “Ничия Кемикал” компанийн инженер Шуджи Накамура InGaN/AlGaIn/CaN-аас тогтсон системийн дотор гетеро-бүтэц үүсгэх замаар хөх ба ногоон өнгөөр гэрэлтдэг диодуудыг гарган авч тэдгээрийг өргөн хэрэгцээнд зориулан үйлдвэрлэх эхийг тавилаа. Дараа нь тэр цэнхэрээр гэрэлтэгч диодыг алюмо-иттэрийн гранатад суурилсан шар ногоон люминофораар хучиж цагаан гэрэл цацруулдаг диодыг зохион бүтээжээ. Сүүлд Ш.Накамура АНУ-ын Санта-Барбара хотын Калифорнийн их сургуулийн профессор болсон билээ. Тод хөх өнгөөр гэрэлтэгч диод зохион бүтээснээрээ гэрэлтүүлэгт өргөн хэрэглэгдэх болсон цагаан өнгөөр гэрэлтэх диодын бүтээх нөхцлийг хангасан И.Акасаки, Х.Аmano ба Ш.Накамура нарт 2014 онд физикчдэд олгодог Нобелийн шагнал хүртээв. Нобелийн шагналтнуудын ажил нь хатуу биеийн доторх бага хэмжээтэй квант бүтцийн талаарх суурь судалгаа (тухайлбал, нитрид галлийд суурилсан бүтэц) ба ахуйн гэрэлтүүлгийн цахилгаан энергийг хэмнэхэд бараг хувьсал хийсэн онол ба хэрэглээний хавсарсан судалгаа болсон байна.

Ингэхлээр суурь ба хэрэглээний судалгааны хооронд зааг байхгүй нэг нь нөгөөгөө баяжуулж байдаг бат нягт нэгдэлтэй ажээ. Эдгээр нэгдлүүдий хэрэглэн XXI зууны эхэнд АИВ BV нэгдэл дээр суурилсан үзэгдэх гэрлийн спектрийн бүх мужийг хамарсан гэрэлтэгч диодуудыг бүтээжээ.

Цагаан гэрлээр гэрэлтэгч диодууд

Ахуйн гэрэлтүүлгэнд голцуу ердийн цагаан гэрлийг хэрэглэдэг. Цагаанаар гэрэлтэгч диодыг, улаан, ногоон, цэнхэрээр гэрэлтэгч диодын цацруулах гэрлийг хооронд нь холих буюу эсвэл цэнхэрээр гэрэлтэгч диодыг шаравтар ногоон люминофораар хучиж буй болгоно. Харин цагаан гэрэлд бага зэргийн улаан гэрэл хольж цагаан гэрлийнхээ өнгө зүсийг өөрчилж болно (Жишээлбэл, улаан туяатай цагаан өнгө, цэнхэр туяатай цагаан өнгө гэх мэт). Цагаан гэрлийг бүрэлдүүлэх спектрүүдийн эрчмийг өөрчлөх замаар түүний өнгийг өнгийг бүдгэрүүлэх тодруулах, янз бүрийн өнгө зүстэй болгож



болно.

Хүний нүдний гэрэл мэдрэх чадвар ногоон гэрлийн мужид хамгийн их байдаг, ($\lambda=555$ нм орчимд) улаан ба нил ягаан муж руу шилжихэд экспоненциал хуулиар багасна. Цагаанаар гэрэлтэх диодыг зохион бүтээхдээ хүний нүдний энэ онцлогийг бас тооцох хэрэгтэй.

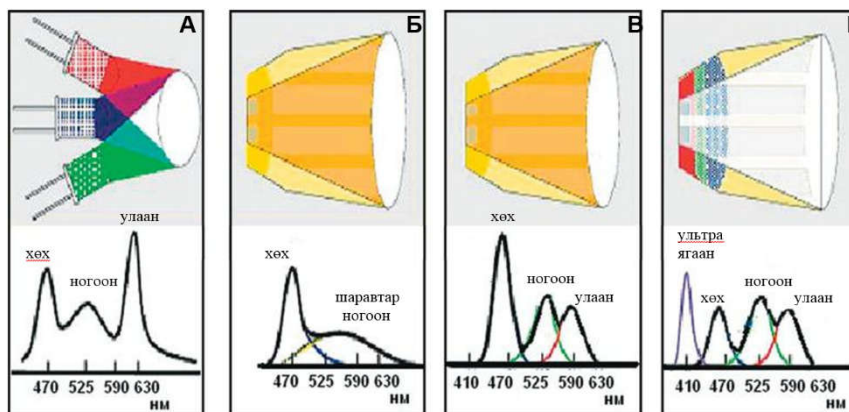
Харааны мэдрэх чадварт харгалзуулан гэрлийн урсгалын эрчмийг люменээр

хэмждэг бол цахилгаан энергийг гэрлийн энерги болгон хувиргах чадварыг (люмен/ватт) хэмжээстэй гэрэл өгөх чадвар η_f хэмээх үзүүлэлтээр тодорхойлно. $\lambda=555$ нм долгионы урттай монохроматик гэрлийн гэрэл өгөх чадвар хамгийн их бөгөөд $\eta_f=683$ лю/Вт байна. Тасралтгүй сайжруулсаар байгаад бараг онолоор тодорхойлсон хязгаардаа хүрсэн улайсах чийдэнгийн гэрэл өгөх чадвар дөнгөж 18лю/Вт байдаг.

Гэрэл өгөх чадвар

Ердийн улайсагч лампыг бодвол цахилгаан энергийг гэрэл болгон хувиргах чадвараараа илүү байдаг гэрэлтэгч диодуудын эдийн засгийн өгөөж асар их болох нь тодорхой болмогц эдгээрийг судлах ба зохион бүтээхэд асар их хүч хөрөнгө хаяснаас сүүлийн 15 жилд асар их чадвартай гэрэлтэгч диодуудыг зохион бүтээлээ. Судлаачид электрон ба нүхнүүдийн хос маш их хэмжээгээр инжекцлэгдэн ирдэг идэвхтэй муж бүхий (p-n) гетеро-бүтэц бүтээх буюу өөрөөр хэлбэл, инжекцийн коэффициентыг ихэсгэх, эсвэл гэрэлтэгч диодын бүтцийн цахилгаан болгон хувиргах чадвар η_{el} -г ихэсгэхэд гол анхаарлаа хандууллаа.

Олон тооны квант нүх агуулсан InGaN/AlGaIn/GaN гетеро – бүтцийн идэвхтэй мужийн цацралын дотоод квант гаралт η_i -г бараг 100% хүргэх шаардлагатай байв. Судалгаа ба зохион бүтээх явцдаа ганц квант хотгортой хялбар гетеро-бүтцийг, идэвхтэй муждаа 4-6 квант хонхортой олон давхар (p-n) гетеро-бүтцээр сольсон байна. Ингэснээрээ ажлын гүйдэл ба цацралын рекомбинацийн нийт урсгалыг ихэсгэж идэвхтэй мужаар өнгөрөх цацруулалт хийдэггүй туннелийн гүйдлийг эрс багасгажээ. Цацралын дотоод квант гаралт η_i -г ихэсгэхийн тулд гетеро-бүтэц ба суурь бодисын хил орчим муж деформацид орсноос үүсэх нэвчин орох дислокацийн концентрацыг багасгах шаардлагатай байв.



Цагаан гэрэл үүсгэх гэрэлтэгч диодыг зохион бүтээх аргууд. А) Янз бүрийн өнгөөр гэрэлтэгч гурван диод Б) Шаравтар ногоон люминофороор хучсан хөхөөр гэрэлтэгч диод. В) Ногоон ба улаан люминофороор хучсан хөхөөр гэрэлтэгч диод. Г) Ультра ягаан туяагаар хөх улаан ба ногоон люминофорыг өдөөх.

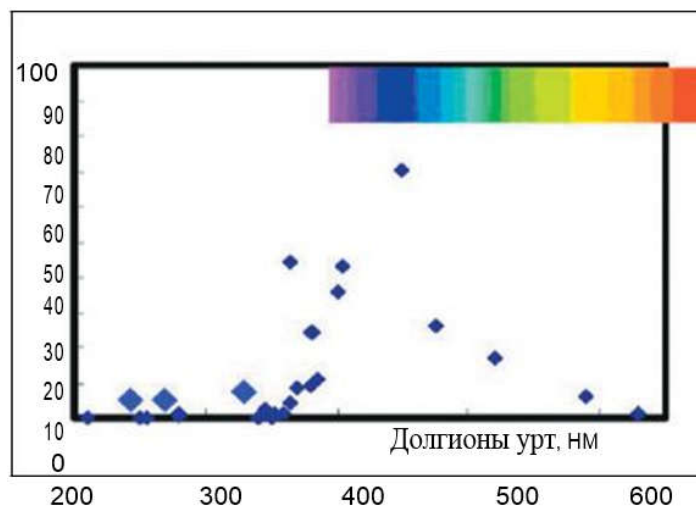
Энэ зорилгоор (n-GaN)-ийн нимгэн үе дотор гетеро-хил дээр нь дислокацийг төгсгөх буюу буцаах үүрэгтэй хэд хэдэн квант хотгор ба саадаас тогтох “хамгаалах торыг” суурь бодис болон идэвхтэй мужийн хооронд ургуулсан байна. Идэвхитэй мужаас гаднын орчинд гарах цацралын хэмжээг цацралын оптик гаралтын коэффициент η_{opt} -оор тодорхойлно. Хагас дамжуулагчийн хугарлын илтгэгч n (GaN-ийн хугарлын илтгэгч n , хөх гэрлийн мужид 2.46 байна) их бөгөөд гэрэл, түүний толин гадаргуугаас

дотоод бүрэн ойлт хийнэ. Иймээс гэрэл нэвтрэн гарах гадаргууг барзгар үйлддэг. η_{opt} -коэффициентыг ихэсгэхийн тулд кристаллд гагнасан контактын талбайг багасгах хэрэгтэй. Гэтэл гэрлийг цахилгаан болгон хувиргах чадвар η_{el} -ийг ихэсгэхийн тулд эсэргүүцлийг багасгах шаардлагатай байдаг. Иймээс диодын бүтэц ба контактын геометр хэмжээг энэ хоёр шаардлагын аль алиныг хангасан байхаар сонгон авна.

Гэрэлтэгч диодоос гарах гэрлийн квантын тоог түүгээр дайран өнгөрөх электроны тоонд харьцуулсан харьцааг гадаад квант гаралт гэх бөгөөд тэр нь цацралын дотоод квант гаралт η_i ба оптик гаралтын коэффициент η_{opt} хоёрын үржвэртэй тэнцэнэ $\eta_{ext} = \eta_i \cdot \eta_{opt}$. Энэ хэмжигдэхүүнийг нэлээд нарийвчлалтай хэмжиж болно. Гэрэлтэгч диодын цацруулж байгаа гэрлийн чадлыг, зарцуулсан цахилгаан гүйдлийн чадалд харьцуулсан харьцааг түүний ашигт үйлийн коэффициент η_w гэнэ. Ашигт үйлийн коэффициент η_w нь диодын цацралын гадаад квант гаралт η_{ext} ба инжекцийн коэффициент η_{el} хоёрын үржвэртэй тэнцэнэ: $\eta_w = \eta_{el} \cdot \eta_i \cdot \eta_{opt}$.

Цагаан өнгөөр гэрэлтэх диодын гэрэл цацруулах буюу өгөх коэффициент η_{ϕ} нь люминофорын гэрлийн энергийг хувиргах коэффициент η_{conv} ба тухайн спектрийг хүний хараа мэдрэх чадварт пропорционал коэффициент K -аар тодорхойлогдоно:

$$\eta_{\phi} = K \cdot \eta_{el} \cdot \eta_i \cdot \eta_{opt} \cdot \eta_{conv}$$



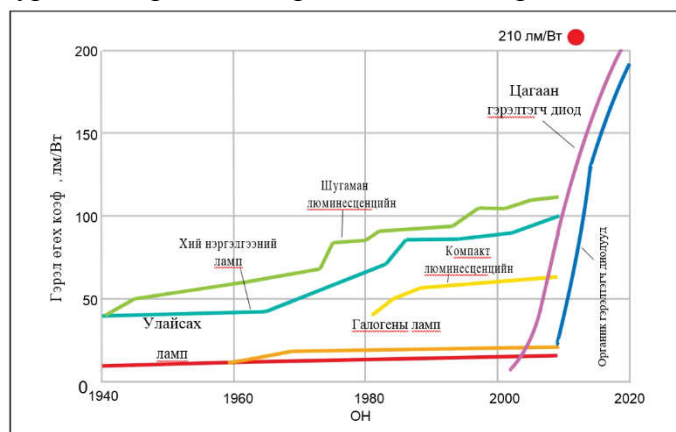
GaN дээр үндэслэгдсэн гетеро-бүтэц бүхий гэрэлтэгч диодын цацралын гадаад квант гаралтын η_{ext} -ын хэмжигдэхүүн. 2010 онд η_{ext} -ын хэмжээ хөх гэрлийн мужид 70%, одоо 80% хурчээ (Проф. Х.Аманогийн тодорхойлсноор). Харин нил хөх ба улаан гэрлийн мужид η_{ext} хэмжээ бага зэрэг буурдаг ба ихэсгэх талаар идэвхтэй судалгаа явуулж байна.

Гэрэлтэгч диодын өнгийг тодорхойлогч үзүүлэлтүүд

Гэрэл үүсгэгчийн өнгийг тооны хувьд Олон Улсын гэрэлтүүлгийн комиссын баталсан өнгийг тодорхойлогч диаграммын координатаар тодорхойлно. Амьдралд «хүйтэн», «ердийн», «дулаан» гэрэлтүүлэг гэж ярьж заншжээ. Харин гэрэл үүсгэгчийн цацралын спектрийг тухайн температур дэх абсолют хар биеийнхтэй харьцуулдаг. Хүний хараа нарны туяаны үйлчлэлээр буй болж дассан ба гэрэлтэгч Нарны маань температур 6000K, улайсагч чийдэнгийн вольфрам утасны температур 2500K орчим байдаг. Өнгийг тодорхойлогч чухал нэг үзүүлэлт бол гэрэлтэгч диодоор гэрэлтүүлэхэд харагдах өнгө юм. Янз бүрийн өнгөтэй хэд хэдэн (8 буюу 10) гадаргаас ойсон гэрэлтэгч диодын цацралыг, стандарт гэрэл үүсгэгчийн ойсон гэрлийн спектртэй харьцуулж,

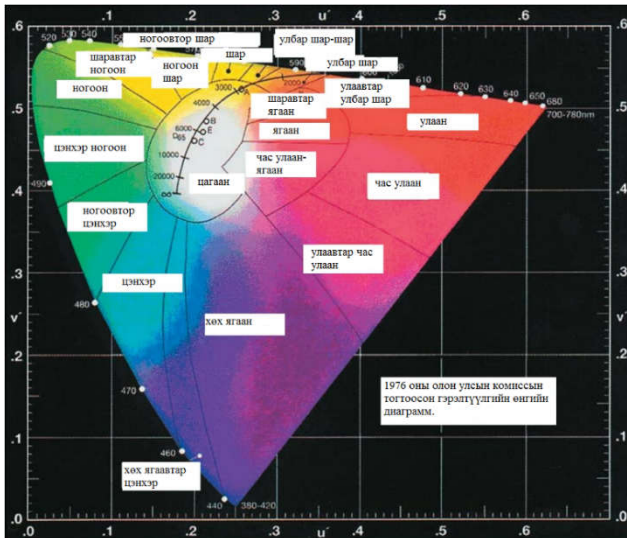
«өнгө шилжүүлэх индекс» гэдэг параметрийг хэрэглэдэг. Хамгийн их сайн гэрэлтдэг гадаргын өнгө шилжүүлэх индексийг 100 гэж авдаг.

Ердийн өдрийн гэрлийн өнгө шилжүүлэх буюу гэрэлтэх индекс бараг 100 байдаг. Бага даралттай натрийн лампын спектр бараг монохроматик байдгаас объектын өнгийг бараг шилжүүлэхгүй. Цагаанаар гэрэлтэгч диодын өнгө шилжүүлэх индекс спектрийн доторх янз бүрийн спектр зурвасын эрчмийн харьцаанаас хамаардаг.



1940 оноос эхлэн улайсах ба люминесценцийн лампууд буюу гэрэл үүсгэгчийн гэрэл өгөх коэффициентын өөрчлөлт. 2002 оны цагаанаар гэрэлтэгч диодын гэрэл өгөх коэффициентийг улайсах чийдэнгийнхтэй харьцуулсан байдал. Тасархай шугам нь «Navigant Consulting» компанийн 2009 оноос 2020 он хүртэл хийсэн хэтийн төлвийн судалгаа. 2010 онд цагаанаар гэрэлтэгч диодын гэрэл өгөх коэффициент 100лм/Вт болж люминесценцийн ламптай өрсөлдөж эхэлсэн ба 2013 онд хоёр дахин ихэсч $\eta_{\phi}=210$ лм/Вт боллоо (зураг дээрх улаан толбо). 2014 онд Америкийн «Cree» компани цагаанаар гэрэлтэгч диодын гэрэл өгөх коэффициент $\eta_{\phi}=303$ лм/Вт хүрлээ хэмээн мэдээлэв. Хагас дамжуулагч гэрэлтэгч диодын зэрэгцээгээр нилээд хожуу гэрэл өгөлт арай багатай органик гэрэлтэгч диодыг бүтээх ба хэрэглэх болжээ.

Орчин үеийн гэрэлтэгч диодын өнгө шилжүүлэх индекс 80-аас доошгүй байх шаардлагатай ба зарим чухал шаардлагатай газар 90-ээс дээш байх ёстой ажээ. Жишээлбэл, үзэсгэлэн чимэглэлийн газарт байгаа зургуудын гэрэлтүүлэг уул зургийг бүтээсэн уран бүтээлчийн ажлын байрныхтай адилхан байх шаардлагатай. Дэлгүүрүүдэд гэрэлтэгч диодыг гэрэлтүүлгийн хэрэгцээнд нь тохируулан сонгон авдаг. Хэрэв махны гэрэлтүүлэг тохирвол улаан өнгөтэй шинэ харагддаг, өнгө нь тохирохгүй бол шинэ ч гэсэн сааралдуу хуучин юм шиг харагдана. Сүүн бүтээгдэхүүний гэрэлтүүлэг тохирвол цав цагаан харагдах ба тохирохгүй бол шаргалдуу цагаан харагдана. А.Ф.Иоффегийн нэрэмжит физик-техникийн институт, Петербургийн цэргийн эмнэлгийн академитай хамтран хагалгаа хийхээс эхлэн арьсыг эмчлэх хүртэлх олон тохиолдолд хэрэглэх гэрэлтэгч диодын гэрлийг сонгон авах судалгаа хийжээ. Ердийн ламптай гэрэлтүүлэгч, өвчтөний биеийг зүсч байгаа хэсгийг хэтэрхий халаадаг бол янз бүрийн өнгөтэй гэрэлтэгч диодын гэрлээр гэрэлтүүлэхэд халаалт багасахаас гадна мэс засал хийж байх үедээ гэрэлтүүлэх гэрлийн спектрийг чөлөөтэй өөрчилнө. Хүний биеийн судас, нерв ба холбогч эд эсээс ойсон гэрлийн өнгө өөр өөр байдаг. Үүнийг ашиглан мэс заслын эмч ажлын талбарынхаа янз бүрийн хэсэгт анхаарлаа хандуулах бололцоотой болдог.



1976 онд олон улсын гэрэлтүүлгийн хорооноос баталсан янз бүрийн люминофортой цагаанаар гэрэлтэгч диодын өнгийг, өнгийн координатаар илэрхийлсэн диаграмм. Диаграмм дээр планкийн муруй янз бүрийн температур дэх абсолют хар биеийн өнгийн координатад харгалзана. Янз бүрийн люминофортой цагаанаар гэрэлтэгч диодын өнгийг илэрхийлэх координатын цэг бүхэнд планкийн муруй хүртэлх хамгийн богино зайгаар тодорхойлогдох «өнгийн» температур харгалзана. Жишээлбэл «хүйтэн» гэрэлтэй диодод -6000K , «ердийн» -4000K , «дулаанд» 2800K тус тус харгалзана. Цагаанаар гэрэлтэгч диод бүхэн дээр харгалзуулсан температурыг нь бичсэн байдаг.

Ургамалын үндэс, үр жимс, навч ба ишинд хлорофилл ба каротиныг синтезлэхийн тулд тодорхой спектртэй гэрлээр гэрэлтүүлэх хэрэгтэй. Энэ спектрийн бүтэц цаг хугацаа, ургамлын ургах процесс, үр жимс нь боловсрох, хоног ба жилийн циклээс болж өөрчлөгдөнө. Вильнюсийн их сургууль ба Литовийн хөдөө аж ахуйн академийн эрдэмтэд янз бүрийн өнгөөр гэрэлтдэг диодуудыг сэлгэх аргаар маш богино хугацаанд ургаж боловсорч гүйцдэг хүнсний ногоо тарьдаг хүлэмжийг бүтээжээ. Гэхдээ энэ хүлэмжийн гэрэлтүүлгийг ургамал бүхэнд тохирох тусгай програмаар өөрчилдөг байна. Үр дүнд нь хуучнаасаа хоёр дахин том улаан лууван, маш их шүүслэг навчтай салатыг ургуулжээ. Эдүгээ Москва хотын К.А.Тимирязевын нэрэмжит хөдөө аж ахуйн академи, хүнсний ногоо үйлдвэрлэдэг «Московский» гэдэг том нэгдэл янз бүрийн хүлэмж, хүрээлэнд тохирох гэрэлтүүлэгч диодыг зохион бүтээх судалгаа хийж байна.

Гэрэлтэгч диодын спектрийг тохируулан сонгон авах замаар зохиомол гэрэлтэлттэй орчинд ажилладаг хүмүүс, агаарын довтолгооноос хамгаалахын системд ажиллагсад болон тусгаарлагдсан байранд олон сар хоног өнгөрөөдөг сансрын нисгэгчдийн сэтгэл санааг тайвшруулах судалгаа эрчимтэй хийгдэж байна.

Гэрэлтэгч диодууд люминесценцийн ламп шиг ультра ягаан туяа цацруулдаггүй, харин спектрийн $\lambda=450$ нм-ын мужид орших хөх туяа цацруулдаг. Ойрын жилүүдэд хийгдсэн судалгаанаас үзвэл, хүний нүдэнд хоногийн гэрлийн горимыг жолооддог хөх гэрлийг хүлээн авдаг рецептор байгааг олжээ. Энэ рецептор хөх гэрлийг хүлээн авч, өглөө хүний организмд сэрээх ба идэвхтэй байх, орой тайвшруулах сигнал өгдөг байна. Ажлын байрыг «хүйтэн» цагаан буюу цэнхэр гэрлээр гэрэлтэгч диодоор, харин унтлагын өрөөг «дулаанаар» гэрэлтэгч диодоор гэрэлтүүлэх хэрэгтэй. Харин гэрэлтэгч диодын спектрийн цэнхэр гэрлийн эрчмийг хэрэглэх орчимд нь тохируулан сонгон авах хэрэгтэй ажээ.

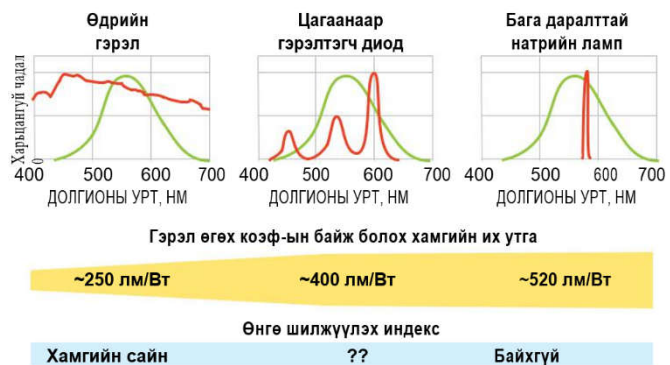


Үзэсгэлэнгийн зургийн өнгө шилжүүлэх индекс нь 90-ээс дээш гэрэлтэгч диодоор гэрэлтүүлбэл, түүний гэрэлтэлт бараг ердийн гэрлийнхтэй адил болж өнгийн өөрчлөлт ажиглагдахгүй (А), харин гэрэл шилжүүлэх индекс багатай диодоор гэрэлтүүлбэл зургийн өнгө гажиж, шаравтар туяатай болно (Б).

Туршилгаас харвал ахлах ангийн сурагчид, люминесценцийн гэрэлтэй өрөөг бодвол гэрэлтэлтийг нь зөв тохируулан авсан өрөөнд өөрийнхөө үйл ажиллагааг итгэлтэй тохируулж чадахаас гадна ном сониноо сайн уншдаг байна. Иймээс цагаан гэрлийн эрчим ба спектрийг тусгай программаар өөрчилдөг ухаалаг гэрэлтэлт их ирээдүйтэй болжээ. Гэрлийн техникийн байгууламжийн янз бүрийн гэрэлтэгч диодын эрчмийн харьцааг өөрчлөх замаар хүүхэд хөгшдийг тайвшруулах ба идэвхжүүлэх үйлчлэлтэй тохь тухтай «өглөөний» ба «оройн» гэрэлтүүлгийг буй болгож болно.

Гэрэлтүүлгийн аюулгүй дүрмийг боловсруулахын тулд гэрэлтэгч диодын сэтгэл зүйн нөлөөг шаргуу судалж байна.

Янз бүрийн гэрэл үүсгэгчийн өнгө шилжүүлэх индекс, гэрэл өгөх коэф, харааны спектр, мэдрэмжийн харьцаа. Өдрийн гэрэлд бүх өнгийг абсолют зөв мэдэрнэ. Цагаанаар гэрэлтэгч диодын өнгө шилжүүлэлт түүний гэрлийн зүсээс буюу цацралын спектр доторх тусгаар шугамуудын эрчмээс хамаарна. Натрийн ламп шар гэрэл гаргах тул бүх өнгийг гажуудуулна.



Гэрэлтэгч диодыг хаана хэрэглэдэг вэ?

Гэрэлтэгч диодыг эхлээд янз бүрийн индикаторууд, зурвас дагуу гүйх мэдээллийг дамжуулахад хэрэглэж байв. Тэдгээр нь богинохон хугацаанд улайсах лампуудыг хэрэгцээнээс түрэн гаргаснаас эдүгээ бараг бүх электрон багажууд гэрэлтэгч диод бүхий индикатортай болжээ.

Компьютерын хавтгай монитор, телевизорын экран, бүх төрлийн гар утас гэрэлтэгч диодын панелаас тогтож арын гэрэлтүүлэгчтэй болсон байна. Эхний үед тэдгээр нь нэг өнгийн байсан бол хөхөөр гэрэлтдэг боллоо. 1990 оны эцсээр AlInGaP дээр үндэслэгдсэн шараар гэрэлтдэг, InGaN дээр үндэслэгдсэн ногооноор гэрэлтдэг гэрэлтэгч диодоор үйлдсэн гэрлийн дохионууд гарлаа. Гэрэлтдэг диодоор үйлдсэн замын тэмдэг бүхий самбаруудаар лампаар хийсэн самбарыг бараг бүгдийг солив.

Москва хот гэрэлтдэг диодыг гэрэлтүүлэгт өргөн хэрэглэсэн хотын нэг болон тодорч, бүх гол шугамууддаа гэрэлтэгч диод хэрэглэсэн заагч самбарууд тавьжээ. 1998 онд «Toyota», «Chevrolet» ба «BMW» зэрэг машин үйлдвэрлэгч том компаниуд

автомашиныхаа гэрэлтүүлгийг 2005 он гэхэд бүгдийг гэрэлтэгч диодоор солихоо зарлав. Эхний үед багаж байрласан самбарынхаа гэрлийг, дараа нь салонынхаа, сүүлд дохиоллынхоо гэрлийг гэрэлтэгч диодоор солилоо. Шинэ маркийн машинуудын үндсэн гэрлийн доогуур гэрэлтэгч диодоор үйлдсэн гинжин гэрлүүдийг байрлуулжээ. Гэрэлтэгч диодын чадал ихсэхийн хирээр гол гэрлээ ч гэрэлтэгч диодоор сольж эхлэв.

Гэрэлтэгч диодын давуу тал

Гэрэлтэгч диодын давуу тал нь маш бага алдагдалтайгаар цахилгаан энергийг гэрлийн энерги болгон хувиргадаг. Хамгийн сайн цагаан гэрлээр гэрэлтдэг диодын гэрэл өгөлт 303 лм/Вт байв («Cree, 2014»). Олноор үйлдвэрлэдэг диодынх 160-180 лм/Вт, үйлдвэрээс гаргадаг диодынх 100-120 лю/Вт, гэтэл люминесценцийн лампынх 100-120 лм/Вт, хамгийн сайн улайсах лампынх 16-18 лм/Вт байх ажээ.



Москва хот дахь хүүхдийн дэлгүүрийн шинэ жилийн чимэглэл.

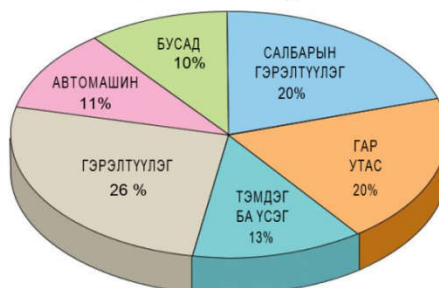
Гэрэлтэгч диодын идэвхтэй хэсгийн температур бараг тасалгааны температуртай адил байхаас гадна гэрэлтэгч диодоор хийсэн лампын ажиллах хугацаа 40000 цаг, зарчмын хувьд энэ хугацааг 100000 цаг болгох хэт ирээдүйтэй. Одоохондоо гэрэлтэгч диод агуулсан гэрэлтүүлэгч байгууламжийн ажиллах хугацаа түүнийг тэжээх эх үүсгэвэр буюу 220/127В-ын шугамын хувьсах хүчдэлийг 2-12-24В-ын (цацруулах диодыг холбох схемээс хамаарч) тогтмол хүчдэл болгон хувиргагчийн нөөцөөс хамаарч байна.

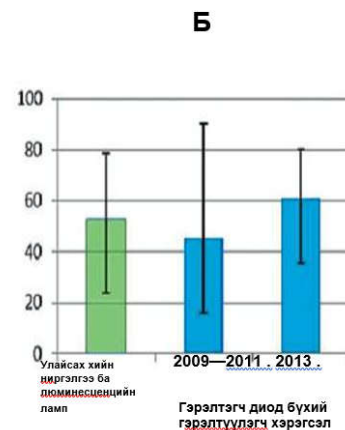
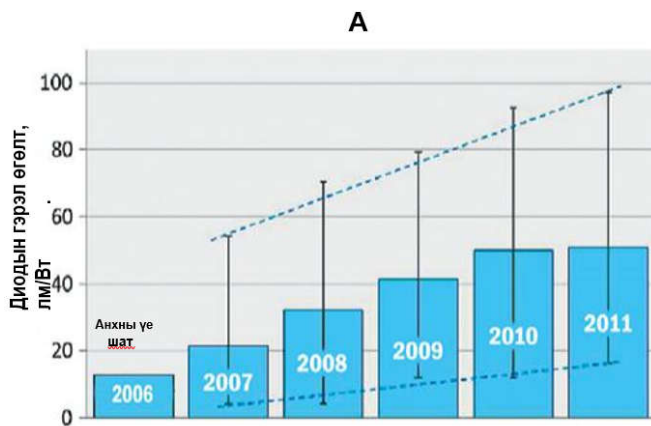
Одоо үед хэдэн арван гэрэлтэгч диодыг шууд хэлхээнд холбох тэжээлийн схемийг боловсруулан бүтээжээ. Гэрэлтэгч диод шууд шатдаггүй, харин 800°C температурт 40000 цаг ажилласны дараа гаргах гэрлийн урсгал нь 70% хүртэл багасдаг.

Хэрэв гэрэл үүсгэгч зэрэгцээ холбогдсон хэд хэдэн гэрэлтэгч диодоос тогтвол тэдгээрийн нэг нь эвдэрвэл нөгөөдүүлийнхээ ажиллагаанд нөлөөлөхгүй. Гэрэлтэгч диодын кристалл тодорхой өнцгөөр гэрэлтэх буюу эсвэл тодорхой зураг баримлыг гэрэлтүүлэх зориулсан линзээр хамгаалагдсан байдаг. Гэрэлтэгч диодын гэрэлтүүлэг маш бага температурт ч эгшин зуур бараг наносекунд залгагдан асдаг тул туйлын шөнө удаан хугацаагаар үргэлжилдэг бүс нутагт итгэл найдвартай ажиллаж чадна.

Диодын гэрэлтүүлэгтэй ламп, дэлбэрэх тэсрэх ба галын аюултай орчинд ямар ч осол гарахгүй ажиллана. Гэрэлтүүлэгт хэрэглэх энергийг хэмнэснээр экологийн байдлыг сайжруулна. Хэмнэсэн нэг киловатт энерги бүхэн нефть, шатдаг хий, нүүрсээр ажилладаг цахилгаан станцын агаар мандалд хаях шаталтын бүтээгдэхүүний хаягдал багасгана.

Гэрэлтэгч диодын хэрэглээ (2012 оны байдлаар).





Гэрлийн гэрэлтэгч диод бүхий эх үүсгэврийн гэрэл өгөлт. А) 2006-2011 он. Босоо шугам хамгийн их ба бага утгыг, баганууд дундаж утгыг илэрхийлнэ. Б) Хэрэглэж заншсан гэрэл үүсгэгчтэй харьцуулсан үзүүлэлт, 2011-2013 он.

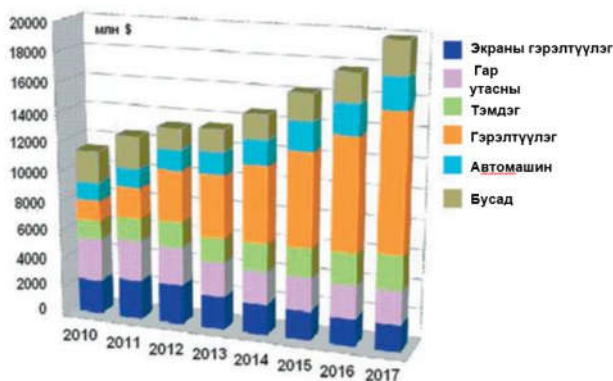
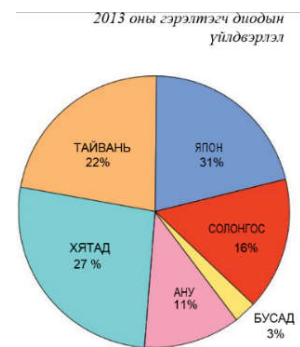
Үйлдвэрийн үйл ажиллагаанаас болж уур амьсгалд орж буй өөрчлөлтийг багасгахад гэрэлтэгч диодын үзүүлэх нөлөө, хүн төрөлхтний санаа сэтгэлийг түгшүүлж байгаа асуудлыг шийдэхэд тустай билээ. Одоо улс орнууд их хэмжээний хөрөнгө хаяж байгаа бөгөөд ирээдүйдээ улам өсөх хандлагатай ажээ.



Янз бүрийн линзийн оптиктой гэрэлтэгч диод бүхий гэрэлтүүлэгчүүд.

Гэрэлтэгч диодуудын үйлдвэрлэл ба хэрэглээ

Сүүлийн жилүүдэд дэлхийн зах зээл дээр гэрэлтэгч диодын борлуулалт санаанд багтамгүй хурдан өсч 2012 онд 13.3 млрд.доллар, 2017 онд 20 млрд хүрэх төлөвтэй байна. АНУ-ын эрчим хүчний яамны « Хатуу биетийн гэрэлтүүлэг 2014 онд » хэмээх төсөлд дэвшүүлснээр 2021 бүх төрлийн гэрэлтүүлэх байгууламжийн хагасыг гэрэлтэгч диодоор үйлдэх ба жилд 1.8 млрд гэрэлтэгч диод бүхий гэрэлтүүлэгч ламп худалдаанд гаргахаар төлөвлөжээ.



2014 онд Америкт 800 лм гэрлийн урсгалтай (60 ваттын улайсагч ламптай адил) гэрэлтэгч диодын үнэ 13 доллар/к/лм байсан бол 2019 онд 5 доллар/к/лм болгож люминесценцийн лампынхаас хямд болох ажээ. XX зууны эхэнд Япон, АНУ, Хятад, Өмнөд Солонгос, Тайвань, Европын холбоо гэрэлтэгч диодын үйлдвэрлэл ба гэрэлтүүлгийг хөгжүүлэх улсын программыг баталсан байна.

Цемент бетоны химийн хөгжил ба хатуу биетийг боловсруулах физик шинэ чиг хандлага бидний амьдралд

Доктор Ц.Эрдэнэбат

МУИС, ХШУС, ХБОХИТэнхим, ШМХТТөв

Бидний амьдралын хурд жил, сараар бус өдөр, цаг, минут, секундээр хэмжигдэж буй өнөө цагт дэлхийн улс орнууд эрдэмтэд судлаачид болон оюутнуудынхаа оюун бүтээлийг үнэлэн, түүнийг энэ их хурдаар хэрхэн мөнгө бүтээх дээр уралдаж байна. Тиймээс гуулийг хүртэл зүлгэхээр хэрхэн өнгө ордгийн адил тэдний бүтээл, ид шидээ гайхуулан, гайхамшигуудыг бүтээж, манайх мэтийн дотоодынхоо эрдэмтдийн бүтээлийг хайхардаггүй, өөр хоорондоо нэгдэн, дэвшилттэй юм байна, нийлээд сайжруулчихъя, хийе бүтээе гэхийн оронд, нэг нэгээрээ, өөрийн эрх ашиг хардаг нүүдэлчин сэтгэлгээтэй орнууд руу шууд бэлэн мөнгөөр арилжаалан, мэдлэгийн эдийн засгаа бүтээж байна.

Гэтэл үүх түүхийг сөхвөл тэртээ 18-р зууны дунд үеэс Англичууд шохойн чулуунаас гаралтай гидравлик шохойн нарийн нунтагийг зууханд халааж чулуунцар буюу клинкер хэмээх материалыг гарган авч, нунтаглаад түүнийгээ бусад материалын хамт бага хэмжээгээр нэмж нунтаглан цемент гарган авдаг байсан нь анх Английн тоосгочин Joseph Aspedin (1765)-ы оюуны өмчөөр 1824 онд баталгаажин, 1875 онд Германчууд найрлагыг стандартчилснаас хойш хүн төрөлхтөн ийнхүү чулуутай адил бат бөх, хүн дотор нь амьдран суухад, улмаар том сайхан хотыг байгуулан, хурдны замууд, янз бүрийн гүүр, далан, сувгууд, түүнчлэн метро зэргийг үйлдвэрлэх бетон хийц эдлэлд ашиглахад аюулгүй, найдвартай холбогч-түүхий эд болох цементийн үйлдвэрлэл, судалгаа-шинжилгээнүүд баталгаажин хөгжсөөр даруй 190 гаруй жилийг үдсэн ба одоо дэлхийн бүх орон стратегийн ач холбогдол бүхий онцгой бүтээгдэхүүн хэмээн цемент бетоны үйлдвэрлэлийг төр засгаас анхаарч, өндөр хяналт тавьж, технологийн асуудлуудыг өндөр ач холбогдол өгөн дэмжиж тэтгэдэг байна.

Учир нь устай урвалд орж, бэхжин хүний гараар бүтээгддэг чулуу болон хувирдаг “цемент” хэмээх гайхамшигт нунтаг бүтээгдэхүүнийг шохойн чулуу ба шаварлаг түүхий эдүүдийн хуурай хольцоос тус тус бэлтгэн, цементийн урьдчилан шатаагч зууханд 600°C (1,112°F)-ээс шохойн чулууны задралын температур хүртэл халаан задалж, улмаар 1450°C буюу 2,640°F орчим температурын муж хүртэл шатаан хайлуулах замаар “цементийн чулуунцар” буюу “клинкер” хэмээх материалыг гарган авдаг аж. Энэхүү чулуунцарт алит /alite/, белит /belite/, алюминат, буюу алюмоферрит гэсэн клинкерийн 4 үндсэн фазууд буюу эрдсүүд агуулагдах бөгөөд 3-5% гөлтгөнийг нэмж хамт нунтагласнаар сая цемент хэмээх устай зуурангуут урвалд орж бидний хүссэн орц, хэмжээ, дүрс хэлбэрт чулуужин хатуурч, бат бэхээ хэдэн арван жилээс, хэдэн зуун жил хадгалж оршиж чадахуйц “цемент бетоны талст” хэмээх материалыг бүтээдэг аж.

Түүхий эдийн хуурай хольцоос ийнхүү чулуунцар гарган авах технологийг цементийн “хуурай аргын” гэх ба 1970-д оноос эхлэн уг аргыг дэлхийн практикт нэвтрүүлжээ. Үүнд уг хольцуудыг халааж, задлах явцад эрдэсүүд өөр өөрийн давтагдашгүй юник шинж чанарууд буюу байгаль дэлхийгээс заяасан гайхамшигуудаараа өөр хоорондоо

ялгаран, задарч, энэхүү шинжээс нь үндэслэн үлээлгэж буй агаарын урсгал циклоны тусламжтайгаар технологийн хуурай аргын шатаалт, баяжуулалт, боловсруулалтын г.м эрчим хүч, усны нөөц г.м зардал хэмнэсэн шинэ технологүүд эрдэс, материал баялаг үйлдвэрлэлийн салбарт ид хөгжиж байна.

Манай оронд бол харин цементийн үйлдвэрүүд өнгөрсөн оныг хүртэл тухайлбал: Дарханы цементийн үйлдвэр буюу одоогийн “Эрэл-Цемент” (1968 оноос одоог хүртэл), Хөтөлийн “Цемент-Шохой” ХК, (1984 оноос 2014 оны 5-р сарыг хүртэл)-ийн цементийн үйлдвэрүүд нь бүгд түүхий эдийн зутан буюу устай ”нойтон хольц” бэлтгэн, цементийн чулуунцрын хольцыг зутан тус бүрээс “нойтон аргыг” тооцон хэрэглэж байжээ. Уг нойтон арга нь эдийн засгийн зардал ихтэй, байгаль орчинд ээлгүй технологид хамаарна, тухайлбал: ус, түлшний зарцуулалт ихтэй тул хүрээлэн буй орчинд хүлэмжийн хийн ялгаруулалт өндөр, тоосжилтийн хэмжээ их зэрэг сөрөг талуудтай аж.

Цементийн эдгээр процесст явагдаж буй эрдсийн найрлагууд хувирах механизм, түүнд нөлөөлөгч катализаторууд болон орчны нөлөө зэрэг судалгааг 1950-аад оны дунд үеэс Монгол Улсын Их Сургуулийн химийн тэнхим дээр эхлүүлсэн ба тус сургуулийн эрдэмтэд, төгсөгчид хамтран тухайн үед Чехословак улсын буцалтгүй тусламжийн хүрээнд баригдсан жилд 168000 тоннын хүчин чадал бүхий Дарханы нойтон аргын цементийн үйлдвэр, мөн ЗХУ-ын тусламжаар Сэлэнгэ аймгийн Сайхан сумын нутаг дахь Хөтөл хотхонд байгуулагдсан, жилд 500 000 тонн цемент үйлдвэрлэх хүчин чадал бүхий Хөтөлийн нойтон аргын “Цемент-Шохойн Комбинат” зэрэгт ажиллаж, үйлдвэрлэлийн процесс дахь түүхий эд ба чулуунцар гарган авах олон арга технологийг амжилттай шийдвэрлэн, зах зээлийн хүнд үеийг даван туулж, бүтээгдэхүүний нэр төрлийг 300, 400, 500М болгон олшруулж, үйлдвэрлэлийн зардлыг бууруулан, чанарыг сайжруулах зэрэг асуудлуудыг шийдвэрлэж байсан түүхтэй аж.

Ийнхүү эртний Ассир болон Вавилончуудын МЭӨ 2600-1800 оны үед анх Цемент гэдэг нэртэй шаварыг хэрэглэн, Египтчүүд шохой ба гипс, харин Ромын эзэнт гүрний үед поццолан, үнс/поццоланаас тус тус цемент үйлдвэрлэн, дүүргэгч агрегатуудаар уушгин чулууг хэрэглэж “орчин үеийн портландцементийн бетоной нэлээд төсөөтэй бетоныг бүтээжээ” хэмээж байсан бол өнөө цагт бид дэлхий даяараа “хүний гараар бүтээгдсэн гайхамшиг” хэмээн ам алдан шагшран нэрлэгддэг Портландцементийг үйрч бутардаг шавар, шохойноос “хатуу биетийн физик, хатуу биетийн хими” шинж чанарын тусламжтайгаар боловсруулан, “хатуу биетийн физик-хими, фазын шилжилт”, “термодинамик” ухаанаар жолоодон хувиргаж, улмаар устай хамт гидратжих урвалд оруулж, өндөр барьцалдах чадвар бүхий, хэдэн арваас хэдэн зуун жилийн эдэлгээг даахуйц насжилт бүхий өндөр маркийн бетон, хийц эдлэлүүдийг бүтээн, тогтвортой химийн холбоосоор үүсгэгдсэн ”гидросиликат кальцийн” болон “гидроалюминат ба гидроалюмоферрит кальцийн” бүтээгдэхүүнүүд үүсгэх чиг хандлага давамгайлж байна. Тиймээс ч байгаль дээр өргөн тохиолддог шохойн чулуу, занар зэрэг Портландцементийн түүхий эдүүд өртөг багатай эрдсүүд ба сүүлийн зуун жилийн туршид дэлхий даяар хамгийн бага зардалтай, түгээмэл материалын нэг болтлоо амьдрал, практикт шалгарч, цементийн эцсийн бүтээгдэхүүн болох бетон дэлхий даяарх хамгийн олон талт универсаль барилгын материал болтлоо бидний амьдрал, барилга, зам гүүр, хот байгуулалтад нэвтэржээ.

Хүн төрөлхтөний ийнхүү хүлээн зөвшөөрсөн, гарцаагүй, хамгийн эерэг үр дүн бүхий барилгын материал болох цемент бетоны үйлдвэрлэлийн салбарын ажилтан, судлаачид, үйлдвэрлэгчид болон инженерүүдийн харьцангуй янз бүрийн чиглэлд хөгжиж буй оюун санааг бүх дэлхий даяар тогтмол хэлэлцэн, тухайн “нийгэм, эдийн засаг, үйлдвэрлэл, хүрээлэн буй орчинд тулгамдсан үе үеийн хүндрэлүүдийг цементийн химичид “цементийн химичдийн их хурал” зохион байгуулж мэргэжлийн түвшний оюун ухааныг хөндлөн гулд тэтгэн бордож, зөв оновчтой даван туулах арга замуудыг хэлэлцэж, шийддэг уламжлалт соёл даяаршлын процесст улам хүчээ авчээ.

Учир нь цементийн химийн ухаан нь цементийн түүхий эд, чулуунцар гарган авах механизмууд, цементийн эрдсүүдийн гидратжилтын механизмууд, гидратжилтын онцлог процессууд, микробүтэц, цемент болон бетоны элэгдэл, хөлдөөлт, гэсгээлтэд болон хүчил, шүлтийн орчинд тэсвэрлэх чанар, зэврэлийн талаарх ойлголтууд, тэдгээрээс сэргийлэх г.м маш их практик ач холбогдол бүхий өргөн сэдвүүдийг хамардаг төдийгүй цемент бетоны үйлдвэрлэлийн явц дахь CO₂-ын ялгарлыг бууруулах, байгаль цаг уурын болон эдийн засгийн хүндрэлийг хэрхэн оновчтой даван туулах, бетон хийц эдлэлийг насжилтыг хэрхэн нэмэгдүүлэх шинэ арга замуудын талаар г.м олон асуудлыг хамруулан судалдаг суурь шинжлэх ухаан юм.

Тиймээс ч ЗГ-аас энэ хүрээнд шийдвэрлэн Хөтөлийн “Цемент-Шохой” ХК-ийн цементийн үйлдвэрийн уг зардал ихтэй, хуучин технологийг халж, орчин үеийн дэвшилтэт технологийн (жилд 1 сая тон цемент үйлдвэрлэх) хуурай аргын үйлдвэрийг 2014 оны 5-р сард байгуулан ашиглалтад оруулснаар өнгөрөгч 2015 онд түүхэндээ анх удаа хамгийн их чулуунцар буюу 450,0 мянган тонн чулуунцар/жилд, 416,2 мянган тонн цемент үйлдвэрлэсэн он байлаа.

Түүнчлэн Хөтөл “Цемент-Шохой” ХК-ийн энэхүү бүтээн байгуулалтын “хүрээлэн буй орчинд ээлтэй, дэвшилтэт технологийн” шинэчлэлийн хүрээнд бид усны хэрэглээг 2 дахин, цахилгаан эрчим хүчний хэрэглээг 1,4 дахин, нүүрсний хэрэглээг 3 дахин жил бүр хэмнэх боломж бүрдлээ. Түүнчлэн цементийн нэгжийн өртгийг 37% жилд хэмнэж, хөдөлмөрийн бүтээмжийг 3,5 дахин нэмэгдүүлж буй их ач холбогдолтой юм.

Мөн ийм хуурай аргын цементийн үйлдвэрүүд ч ар араасаа төрөн гарч, өнгөрөгч 8-р сард бид Монполимет ХК-ийн Дорноговь аймгийн Өргөн сумын нутагт байрлах (жилд 1 сая тон цемент үйлдвэрлэх) “Монцемент” цементийн үйлдвэрийг ашиглалтад хүлээн авлаа. Мөн аймгийн нутагт “МАК” буюу “Монголын Алт Корпорацийн” хуурай аргын цементийн үйлдвэр ч нээлтээ хийхээр эдийн засгийн сэргэлтийн мөчийг хүлээн дуншиж байна, түүнчлэн ЗГ-аас үйлдвэрлэлийн хүрээнд цементийн бүтээгдэхүүний импортыг бууруулах, үндэсний цементийн үйлдвэрүүдийг хөгжүүлэх чиг шугамыг баримтлаж байна.

Нөгөө талаас даяаршлын их цаг үе нь өөрөө аяндаа хүсэмжилж буй агуу том бүтээн байгуулалтын энэ эринд Европ-Азийг холбосон хийн том хоолой, нефтийн их шугам, хурдны галт тэрэгний их зам, өндөр хурдны автозамууд, өндөр хүчдэлийн шугамууд, шилэн кабелийн сүлжээ зэрэг хоёр их хөршийг холбосон, манай улсаар дайран гарах мега төслүүдийн бүтээн байгуулалтуудад мөн л цемент гарцаагүй хэрэглэнэ.

Үүнд Та бидний өдөр тутмын амьдрал, зам гүүр, байшин барилга г.м үл хөдлөх хөрөнгө, найдвартай амьдралын маань баталгаа болсон цемент хэмээх бетоны цавууг орчин үеийн технологийн физик, химийн өвөрмөц шинж чанаруудын тусламжтайгаар

аль болох бага зардлаар бүтээн, шинжлэх ухааны үндэслэлтэйгээр түүхий эд ба бүтээгдэхүүний чанарыг хянаж, тооцон, шинж чанарын судалгааг гүйцэтгэдэг, мөн орчин үеийн химийн инженерчлэлийн аргаар фазын үүсэл, кинетикийг жолоодож чадах боловсон хүчинг эдгээр мега бүтээн байгуулалтууд дахь цементийн үйлдвэр эрэлхийлэх нь гарцаагүй.

ИДС-ийн дэргэд, сургалт-судалгааг ойртуулах шийдвэрийн дагуу тухайлбал ШУА-ын харьяа ХХТХ-ээс салбарлан МУИС-ийн Химийн Факультетийн дэргэд Шинэ Материалын Хими Технологийн Төв нэртэйгээр байгуулагдан, “Эрдэс материалын хими” чиглэлээр бакалавр, магистр, докторын зэрэг олгох шаталсан сургалт, хөтөлбөрүүдийг 1997 оноос эрхлэн, одоо тус сургуулийн харьяа Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургуулийн Хими, Биологийн Инженерчлэлийн тэнхмийн туршлагажсан эрдэмтэн багш, судлаачид барилгын материал тэр дундаа цемент, бетоны химийн боловсрол олгох хамт олон таныг хүлээж байгаа ба Та уг “Эрдэс, Материалын хими” хөтөлбөрийг сонгон суралцсанаар цементийн чулуунцрын найрлага дахь үндсэн дөрвөн оксид: кальци, цахиур, хөнгөнцагаан, төмрийн оксидуудын болон бусад тулгуур системүүдийн физик, химийн термодинамик процесст хэрхэн атомын түвшинд зөв жолоодон тооцох аргад суралцаж, улмаар түүхий эд ба түлшний зарцуулалт, боловсруулалтын процесс дахь физик, химийн механизмууд, фазын термодинамик шилжилтүүд, кинетикүүдийн тооцох онолын үндсүүдэд суралцсанаар мэдлэг шингэсэн үндэсний үйлдвэрлэл эрхлэн, бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэх арга замыг төрөлх хэл дээрээ эзэмших боломжтой юм.

Тиймээс ч цемент, бетоны хими, хатуу биетийн, материалын фазын шилжилт ба кинетик хичээлүүдээр эзэмшсэн мэдлэгийн үндсэн дээр эх орныхоо түүхий эдээс цемент, бетон гарган авах үйлдвэрлэлд тулгарч буй хүндрэл бэрхшээлүүд, тэдгээрийг хэрхэн шинжлэх ухааны үндэстэй, орчин үеийн технологийн түвшинд даван гарч болох арга замууд, судалгааны зарим үр дүнгүүдтэй танилцан, энэ талын системтэй гүн бат мэдлэг боловсрол эзэмшинэ. Энэ чиглэлийн сургалт, судалгаанд одоог хүртэл тус сургуулийн бахархал болсон доктор Б.Сандуйжав, проф Р.Санжаасүрэн, проф Г.Самдан, проф Б.Намжилдорж, проф Д.Сүнжидмаа, д-р Б.Өлзийбүрэн, д-р Ц.Эрдэнэбат нарын эрдэмтдийн бүтээл оюутан, судлаачдын гарын авлага болон хэрэглэгдэж байна. Мөн шаталсан хөтөлбөрийн үйлдвэрийн дадлага, дипломын болон дипломын дараах судалгааны ажлуудыг хуучин технологийн нойтон аргаас цементийн шинэ технологийн хуурай аргад шилжсэн анхдагч үйлдвэр болох Хөтөлийн ЦШК ХК, “Эрэл-Цемент” ХХК, БАК, ШУТИС, БИАС-ийн итгэмжлэгдсэн лабораториуд болон бетон зуурмагийн мөн барилгын материал үйлдвэрлэгч үндэсний компануудад практик дадлага хамтрах замаар үйлдвэрлэлийн процесст туршлагажих боломж бүрдэх давуу талтай.

Тиймээс залуу та бүхэн өөрийн оюун ухаанаа сорин, системтэй, гүн бат мэдлэгийн төлөө цаг үетэйгээ хөл, алхаа нэгтгэн эх орныхоо эрдсийн баялгаас, материалын баялгийг бүтээх ухаанд шамдан суралцах нь зүйтэй бөгөөд төрөөс ч энэ бүхнийг бодлогоор дэмжин МУИС-ийн Хэрэглээний Шинжлэх Ухааны Сургууль болон Шинжлэх Ухааны Сургуулаас хамтран явуулж буй Материал судлал болон Материалын хими, инженерчлэлийн” хөтөлбөрийг хөгжүүлэн, мэдлэг шингэсэн үндэсний үйлдвэрлэлийг хөгжүүлэгч төгсөгчид олноор бэлтгэн гаргах хэрэгцээ

шаардлага та бидний өмнө тулгарч байна. Шинэ зуунд “Оюунлаг Монгол” тэр дундаа түүхий эдийн ба түлшний орц норм, зарцуулалт, боловсруулалтын процесс дахь бүх физик-химийн кинетик, фазын шилжилтүүд дэх материалын болон массын балансад үндэслэн тооцож чаддаг “Химийн инженерчлэгдсэн толгой”-г бүтээхэд хаа хаанаа анхаарах нь зүйтэй байх.

Тэгээд ч гадны ямар ч профессор манай улсын эрдэс баялгаас материал баялагийг бүтээх үйлдвэрлэлийн процесс дахь хүндрэлийг монгол эрдэмтний зүрх сэтгэл оюун тархиас илүүтэй мэдэрч, монгол залууг илүү сайн сургачих юмсан хэмээх чин сэтгэл хичнээхэн их зорив гэж дээ, тиймээс өөрийн эх хэл дээрх угшил соёл ижил, буурал эрдэмтний толгойгоор шүүгдэн заалгаж сурахаас илүүтэй өвөрмөц, цаг хугацаа, санхүүгий боломжит шийдэл үгүй хэмээн харж байна. Танд амжилт хүсье.

Ном зүй.

- Hahn, Thomas F., and Emory Leland Kemp. *Cement mills along the Potomac River. Morgantown, WV: West Virginia University Press, 1994. 16. Print.*
- Reid, Henry (1877). *The Science and Art of the Manufacture of Portland Cement with observations on some of its constructive Applications.* London: E&F.N. Spon.
- Robert G. Blezard, "The History of Calcareous Cements" in Hewlett, Peter C., ed.. *Lea's chemistry of cement and concrete. 4. ed.* Amsterdam: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004. 1-24.
- "125 Years of Research for Quality and Progress". German Cement Works' Association. Retrieved 2012-09-30.
- Meade, Richard Kidder. *Portland cement: its composition, raw materials, manufacture, testing and analysis.* Easton, PA: 1906. The Chemical Publishing Co. 4-14. Print.
- <http://www.fhwa.dot.gov/infrastructure/materialsgrp/cement.html> "Portland Cement" U.S. Highway Administration.
- McArthur, Hugh, and Duncan Spalding. *Engineering materials science: properties, uses, degradation and remediation.* Chichester, U.K.: Horwood Pub., 2004. 217.

Хавдар өвчлөлийг эсийн түвшинд илрүүлж, эмчилгээнд дэвшлийг нэвтрүүлэх гоц шаардлага

Л. Дашцэрэн¹, О. Лхагва², З. Лхамжав², Л. Лхагвасүрэн³, Х. Цэвэлноров⁴, Д. Дэлгэрцэцэг¹, Т. Туул²

¹ - Шастины төв эмнэлэг,

² - МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

³ - ЗХАХАА судалгааны төв,

⁴ - ЭМШУИС

Шигшмэл :

1. Дэвшил, байдал, хоцрогдол

Шинжлэх ухаан, технологийн тулгуур судалгаа эдүгээ нано хийгээд эсийн төвшинд шилжиж, зангилаа асуудлыг физик хими, эсийн биологи, тооцоо-дүрслэлт туршилтын аргаар шийдэж байна. Шинжлэх ухааны галын шугамд цацрагийн биологи дэвшин гарав. Амьд цогцос, эд эсийн хувирах хийгээд бүрэлдэх квант зүй энд тулгуур үүрэг гүйцэтгэх болов. Эс, ДНХ-ийг цөмийн бөөмс, цацраг туяагаар буудаад дагалдаж өрнөх физик, хими, эс дэх биологи хувирлын квант зүй тогтол тийнхүү гойд анхаарал татаж байна. Ялангуяа эд, эс, ДНХ, төв мэдрэлийн систем, уураг тархины нейроны эвдрэх, сэргэх, мөхөх зүй тогтлын судалгаа эн тэрүүнд тодров. Цацрагийн биологийн дэвшлээр цөмийн анагаахуй хурдацтай цэгцэрч эд бүтцийн эмгэгийг цацрагаар оношлох, эмчлэх үйлсийг эс хийгээд нано төвшинд хэрэгжүүлдэг тооцоо-дүрслэлт нарийн арга дэвшин боловсорч байна.

Хүмүүн 2020 оны үеэс сар руу, 2030 –аад оны дундуур улаан нүдэн гариг руу аялахаар ид бэлтгэж байна. Дэлхийн агаар мандал-хучлага, соронзон зангын гаднах гүн сансарт оддын оронд үүссэн нүцгэн, хурдан, хүнд цөмийн урсгал бий. Тэр урсгалыг сансрын аялагчийн уураг тархи, эс, ДНХ дааж тэсэх үү гэдэг асуудлыг шийдэх нь цацраг амьд цогцсын харилцан үйлчлэлийн оройн дээд асуудал болов. Эл судалгааны үр гарц нь оношлогоо, эмчилгээний болон цацрагийн хамгаалал, орчны унаган төрх, экологийн доройтлыг хамгаалах арга зүй боловсруулахад шийдвэрлэх ач тус хүргэх нь илт болов. Дээр өгүүлсэн цөмийн анагаахуйн дэвшил ч нотолж байна. Цацрагийн биологи, цацрагийн хамгаалал, цөмийн анагаахуйн дэвшлийг амьдралд тууштай нэвтрүүлэх нь манай орны хувьд онцгой анхаарал татсан асуудал татсан асуудал мөн нь өгүүлснээс илэрхий.

Тулгамдсан асуудал. Дэлхийн эрүүлийг хамгаалах байгууллага, Дэлхийн банк, ЮНЕСКО-ийн хамтаран гаргасан мэдээллээс үзвэл Монголын 100000 хүн тутам дахь хавдар, зарим өвчнөөр нас барагчдын давтамж дэлхийд тэргүүлэх байранд байх болжээ. Нийт хорт хавдраар нас барагсдын давтамж нь дэлхийн 172 орноос 4 дүгээр байранд жагсаж байна. Элэгний болон ходоодны хорт хавдрын хувьд энэ үзүүлэлтээр хоёуланд нь нэгдүгээр байранд байгаа бөгөөд сүүлчийн орныхоос харгалзан 82.7, 36.3 дахин их байна. Зүрхний ревматизм болон цус харвалтаар энэ үзүүлэлтийн нэг болон хоёрт дугаарлаж байна. Цөөхөн боловч их талд хатаагдсан чийрэг бие цогцостой ард түмэн минь эрүүл мэндийн ямар шуу манаанд амь насаа даатгаж явааг цаг алдалгүй сайжруулах шаардлага хариуцлага ийнхүү тулгарчээ.

Уршиг, нөлөөгөөрөө дурьдсанаас дутахааргүй сэтгэл зовоосон асуудал ч тун цөөнгүй байна. Төрж буй нялхас, малын төлийн дунд ургийн гажигийн тохиолдол илэрцийг мэдээллийн хэрэгслээр мэдээлсээр байна. Ургамалд тийм гажиг юу байгааг бид мэдэх юмгүй явж байна. Энэ бүхэн нэгэн унги язгууртай амин шүтэлцээтэйг огоорч болохгүйг дээрхи баримт хатуу сануулаад байна.

Дэлхий даяар цацраг туяаны хоруу уршиг, эрсдэл хүмүүний санааг зовоож, сэтгэл түгшээсэн асуудал болоод байна. Манай орны зүүн болон говийн аймгуудад тусгай зөвшөөрөл бүхий 80 орчим цэгт ураны хайгуул хийж байна. Цэг бүрт хичнээн өрөмдлөг төнхөлт болж байгааг мэдэхгүй. Хөрсний гүнд “хамгаалалтанд” байсан цацраг идэвхит нэгдлийг ил гаргах, савируулан хөрс, усаар тараах, агаарт хийсгэж алдах зэрэг үйл явахгүй гэх баталгаа одоохондоо алга. Марадайн ураны газар доорх уурхайгаас соруулсан уснаас мал ундаалж, ургамал тэжээл авч, хүн, мал, ургамал түүнээс уламжилсан бүхнийг хэрэглэж байна. Ураны хайлт, ашиглалтанд технологийн сахилгыг дэлхийн төвшинд чамбай сахиж чадвал аюулгүй нөхцөл бүрдэнэ гэдэгт онцгой анхаарах шаардлага тавигдсаар байна.

Хорт хавдар ба гений гажиг. Уур амьсгалын өөрчлөлт, булаг шанд нуур, цөөрөм хатаж, гол мөрний ус эрс татарснаас, хүн, ургамал, амьтны амьдралын нөхцөл өөрчлөгдсөн, хот суурин газруудад химийн хортой нэгдэл, элемент агуулсан утаа хэв хэмжээнээс олон дахин ихэссэн, ахуйд химийн олон төрөл цэвэрлэх бодис ашиглаж, эмийг буруу хэрэглэх, хортон шавьжтай тэмцэх, малыг эрүүлжүүлэх зорилгоор хэрэглэж буй эм тарилга нь хорт хавдар өвчлөл эрс нэмэгдэхэд хүргэх аюул дагуулахыг ч болгоож бодох цаг тулжээ. Нийгмийн сэтгэл зүйн хямрал ч генийн донж хувиралд хүргэнэ.

Хорт хавдар болон генийн эвдрэл гажгаас эхтэй. Орон даяар ургамал, амьтан, хүн амын дунд био-хяналтын (biomonotoring) судалгаа ул суурьтай явуулж гений эрүүл оршихуйн байдлыг тодорхойлох шаардлага тийнхүү хурц тавигдаж байгааг өмнөх баримт илтгэн харуулж байна. Цитогенекийн тийм судалгааг өргөн хүрээнд явуулснаар хорт хавдар, зарим өндөр давтамжтай өвчлөлийн суурь үндсийг эс, генийн төвшинд нарийвчлан илрүүлэх боломж даруй бүрэлдэнэ. Тэгж язгуур үндсийг нь илрүүлэхгүйгээр эх орондоо болон гадаад орнуудад явж эмчилгээ хийлгэснээр нэгэнт газар авсан өвчлөл, нас баралтыг бууруулж чадахгүй хэнд ч ойлгомжтой юм. Шинжилгээний язгуур үндсийг илрүүлээгүй байж, өнгөцхөн судалгаа ямарч үр дүнд хүргэхгүй нь тодорхой. Эс генийн төвшин дэх шинжлэх ухаан технологийн дэвшлээс тийнхүү хол хоцорсон атлаа хавдрын судалгаанд бас чамламгүй мөнгө зарцуулсаар иржээ.

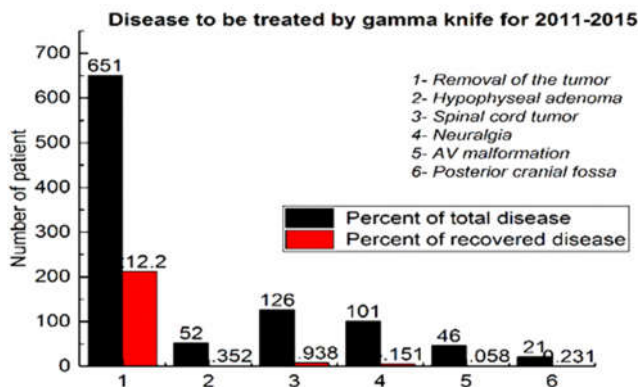
Дэвшлээс хоцорч байна. Физик судалгаанд шинэхэн хэрэгжсэн дэвшил дэлхийн үйлдвэрлэл, ялангуяа оношлогоо, эмчилгээний практикт шууд нэвтэрч байгааг дээр цухас дурьдсан. Хавдрыг цацраг, бөөмийн урсгалд цохиулж мөхөөх эмчилгээнд сод дэвшлээс бид яалтгүй хол хоцорч байна. Мэдээллийн технологийн тооцоо-дүрслэлт цэгнэлтээр хавдрын 3D эзэлхүүн болон хучсан гадаргууг милимикрон, нано жижиг зайд тодорхойлж байна. Энэ тооцоо-дүрслэлт баримтыг дагуулан цацраг, бөөмийн нано болон эсийн зиндааны голчтой “шивүүр” урсгалыг өнөөх орон мөнхүү зайд ”robotoog” жолоодож, хавдрыг яг цар хэмжээнд нь эрчтэй тун цацрагт давтан цохиулдаг болжээ. Гаднах эрүүл эсийн орчинд цацрагийн тун нэн бага гэхэд болмоор байх аж. Тархи болон цогцосын гүн дэх хавдрыг мэс зүсэлт, яс хөрөөдөлт хийхгүй, хавдрыг

хагалж, үлдээж орхилгүйгээр цацрагаар шууд “цоргин ширгээж” байна. Энэ бол гойд нарийн урлаг-арга барил мөн. Тийм аргад “gamma-knife”(монголоор гамма-цоргиур), “cyber-knife” төхөөрөмж багтах бөгөөд Linac (шугаман хурдасгуур)-ы ажиллах зарчим ч “gamma-knife” төхөөрөмжтэй ерөнхий зарчим нь адил юм.

Тооцоо-дүрслэлт лаборатор. Хэрэглээний болон анагаахуйн физикчийг сургаж бэлдэх, мэргэжлийг дээшлүүлэхэд тооцоо-дүрслэлт Gegnt4 багц дэлхий даяар нэг гол хэрэглүүр нь болоод байна. МУИС-ийн Шинжлэх ухааны сургуулийн Байгалийн ухааны салбар нь Цөмийн шинжилгээний нэгдсэн институтын Цацрагийн биологийн лаборатори болон Европын холбооны цацрагын биологийн Geant4-DNA төсөлтэй явуулж буй хамтын ажиллагааны хүрээнд Европын холбооны Gegnt4 багцад суурилсан тооцоо-дүрслэлт лаборатор байгуулан ажилд орууллаа. Лабораторын нээлтээр янз бүрийн 20 гаруй мэргэжилтэнг сургалтанд хамрууллаа. Энэ лабораторт дээрх байгууллагуудтай хамтран олон улсын төвшний магистр, докторын сургалт явуулж эхэллээ. Ойрын хугацаанд хамтын ажиллагааны хүрээнд цацрагийн биологийн асуудлаар Азийн орнуудыг оролцуулсан сургалт, эрдмийн хурал зохион байгуулахаар төлөвлөөд байна. Цацраг туяаны үйлчлэлээр эхний шатан л эд эсэд физик эвдэрлээр электрон, ионууд болон олон төрөл туяа үүсч, улмаар хими болон биохимийн урвал явна. Энэ хувирлын явцад эс эргэж сэргэх хийгээд мөхөх динамик зүй тогтлын талаар энэхүү багц нь нэн нарийн үнэлгээ гаргадаг юм. Энэ зөвхөн байгалийн ухаан төдийгүй анагаах ухаан, хөдөө аж ахуй болон бусад олон салбарт урьдчилан цэгнэх дүгнэлт хийхэд онцгой ач тустай юм. Европын холбооны Gegnt4 багцад шинэхэн дэвшил тооцоо-дүрслэлт “GATE” туршилтын багцыг нэвтрүүлснээр хавдрын MRI болон компьютер томографийн 3D дүрсийг тоон туршилтын дүрсэд хувирагаад улмаар ямар цацрагаар шарж бүрэн ширгээх арга зүй хэрэгжиж эхэллээ. Цацраг эмчилгээний мэргэжилтэн бэлддэг их, дээд сургуультай бид хамтран ажиллах хүсэлтээ илэрхийлж байна.

2. Баримт мэдээ тооцоо-дүрсэлт туршилт

Сүүлийн жилүүдэд манай оронд тохиолдсон тархи, нугасны хорт хавдрын өвчлөл, оношлогоо, эмчилгээний байдалд дүгнэлт хийж, тархины хавдрыг цацраг туяагаар шарахад үүсэх физик, эсийн биологи хувирлын тооцоо-дүрслэлт туршилтын зарим дүнгийн талаар энд өгүүлэв. Шастины нэрэмжит төв эмнэлэгт хийсэн тархи мэдрэлийн мэс засал эмчилгээний тоон баримтыг нэгдүгээр зурагт үзүүлэв.

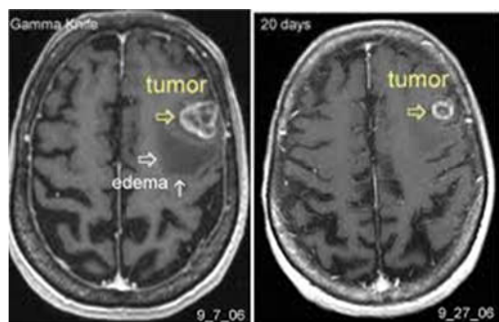


Зураг 1.

Зурагт 2011 оноос таван жилийн дотор мэдрэлийн мэс заслын эмчилгээнд нийт 651 өвчтөн хамрагдсны 12,2 хувь нь эрүүлжсэн. Үүний дотор hypophysealadenoma, spinal cord tumor, neuralgia, av malformation, posterior fossa хавдраар өвчилж мэс засалд оролцогчдыг харгалзан 35, 94, 15, 06, 23 хувь нь тус тус судалгаанд хамрагдсан. Эмчилгээний байдлын өмнө өгүүлсэн

дэвшлийн өндөрлөгөөс цэгнэвэл энэхүү нэн сул үр дүн нь эмч мэргэжилтний чадвараас

бус харин оношлогоо, эмчилгээний дэвшилтэд арга, техник дэлхийн түвшнөөс олон арван жилээр хоцорсныг илтгэж байна гэж үзэхэд шууд хүргэж байна. Эмч мэргэжилтний мэдлэг, ур чадвар хичнээн өндөр байлаа ч гэсэн тархи нугасны гүн дэх хавдрыг эмчлэхэд тооцоо-дүрслэлт мэдээлэлд суурилсан эмчилгээний орчин үеийн тооцоо-дүрслэлт тоног төхөөрөмж, робот жолоодлого бүхий эс хийгээд нано төвшин дэх жолоодлого бүхий онч арга барил хоцрогдсны уршиг дагавар нь энэ мөн. Хорт хавдрын давтамж ихэссэн нь байгаль, нийгмийн амьдралын нөхцөл, үйлдвэрлэл, орчин ахуйд өргөн нэвтэрч буй төрөл бүрийн бодис, хүнсний бүтээгдэхүүний чанар, түүнд тавих хяналт хангалтгүй байгаатай шууд холбоотойг дээр тэмдэглэсэн билээ.



Зураг 2. Гамма – цоргиураар эмчилгээ хийснээс 20-н өдрийн дараахь тархины хавдрын шимэгдэл.

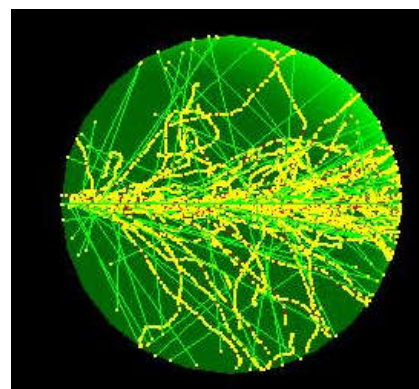
Со-60 цацраг идэвхит үүсгүүрийн гамма туяагаар хавдрын загварыг шарахад өрнөх явцыг дүрслэх, эмчлэх үнэлгээг энэхүү ажилд хийлээ. Туяагаар шарж ширгээхийн физик үндэс бол хавдрын эзэлж буй орон зайд цацрагийн энергийг аль болох ихээр шингээж товчхондоо “түлж” ширгээхэд оршино. Тиймээс хавдрын эд доторхи энергийн радиус дагуух шингээлтийг үнэлэх нь нэн чухал юм. Бид энэ ажилд хавдрын бөмбөлөг геометр бүхий усан загвар дотор энергийн шингэлтийг тооцоо-дүрслэлт туршилтаар үнэлэв. Зураг 3 ба 4).

Зураг 4. 3 см радиус бүхий усан загварыг Со60 изотопын гамма цацрагаар үйлчлэхэд үүссэн иончлолын түгэлт (зүүн) ба шингэсэн энергийн радиусын дагуух түгэлт (баруун).

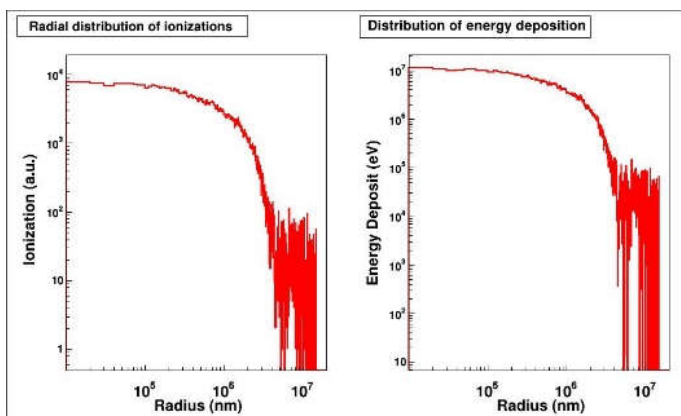
Л.Дашцэрэн эмчийн БНХАУ-ын Хөх хотын гамма туяагаар шарах эмчилгээтэй холбоо тогтоож, тархины хавдартай өвчтөнгүүдийг гамма-цохиураар эмчлэх эмчилгээнд хамтран ажиллаж байна.

Тооцоо-дүрслэлт туршилт. Geant4 багцын гамма-

цоргиур туршилтын аргыг хэрэглэн



Зураг 3. Гурван см радиус бүхий усан загварт (тархины 73% нь ус) 1.3 мэВ энергитэй гамма туяаны мөрлөлийг үзүүлжээ.



Дүгнэлт

1. Физикийн шинжилгээнд саяхан нэвтэрч, нано түвшинд гүйцэтгэсэн судалгааны 3D тооцоо-дүрслэлт явц, баримтыг робот жолоодлогоор хөтөлж байсан шилмэл арга барил өнөөдөр цацраг туяа эмчилгээ оношлогоо, болон цацраг мэс засал эмчилгээ тууштай нэвтэрч байна. Тэгснээр цөмийн анагаахуйд дүрс оношлогоо, тооцоо-дүрслэлт эмчилгээний нэгдмэл арга нэвтэрч эхэллээ.

2. Хавдар болон бусад өвчилсөн хэсгийн эд эсийг цацраг туяагаар шарахад үүсч байгаа физик эвдрэл, химийн урвалын явц улмаар эс сэргэх мөхөх биологи хувирлыг орон зайн алхам бүрт нь 3D тооцоо-дүрслэлээр илэрхийлж байгаа шинжлэх ухааны ололт дэвшлийг эмч, мэргэжилтэн, анагаахуйн технологийн ажилтан нарт хүргэх арга боловсорч амьдрал практикт нэвтэрч байна..

3. МУИС-н дотор шинээр “Цацрагийн биологи, цөмийн анагаахуйн тооцоо-дүрслэлт лаборатори” байгуулав. Gegnt4 багцад суурилсан цөмийн анагаахуйн GATE- DICOM ашиглан үнэлгээ хийх судалгаа эхэлж байна. Мэргэжлийн залуус, судлаачдад зориулсан сургалтад өргөнөөр оролцохыг урьж байна(МУИС, ШУС, olhagvao@yahoo.com).

4. Тооцоо-дүрслэлт туршилтанд бүрэн тулгуурласан физик эмчилгээний олон төхөөрөмж болох гамма-цоргиур, субер-цоргиур зэрэг эмчилгээний практикт өргөн нэвтрүүлэхийг амьдрал хурц шаардаж байна.

Ном зүй.

- О. Лхагва, О.Белов, М.Батмөнх, “Хэтийн зорилтот хамтын ажиллагаа” // "Proc. Int. Conf. Radiation Biology and Radiation Protection"., Ulaanbaatar, Mongolia, September 30-October 3, 2013. ISBN-9789997355140. P. 66–75.
- О. Lhagva, M. Batmunkh., *New perspectives of cooperation in radiobiology and nuclear medicine*. Proceedings. The 6th International Conference on Contemporary Physics (ICCP-VI), Ulaanbaatar, Mongolia, 7–10 June 2016 p.115- 120.

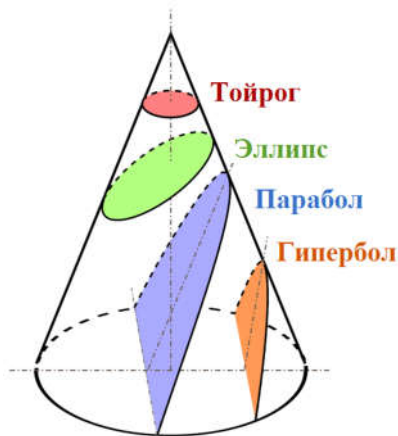
Парабол муруйн шинж чанар ба түүнийг физикийн бодлого бодоход ашиглах нь

М.Отгонбаатар

МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

Парабол муруйг тодорхойлдог хэд хэдэн математик аргууд байдаг бөгөөд бүгд хоорондоо эквивалент буюу нэг ижил төрлийн хэлбэртэй муруйг тодорхойлдог. Ийм тодорхойлолтуудын нэг нь конусын огтлол юм.

Конус болон түүнд шүргэгч хавтгайтай параллель хавтгай хоорондын огтлолцоор үүсэх муруйг парабол гэж тодорхойлдог (Зураг 1).



Зураг 1. Конусын огтлол.

Мөн бидний хамгийн түгээмлээр ашигладаг тодорхойлолт нь алгебр тодорхойлолт буюу квадрат $y = ax^2 + bx + c$ функцийн графикаар парабол муруйг илэрхийлэгдэг. Аливаа квадрат функцээс бүтэн квадрат ялгаж болох бөгөөд дараах ерөнхий хэлбэрт оруулж болно:

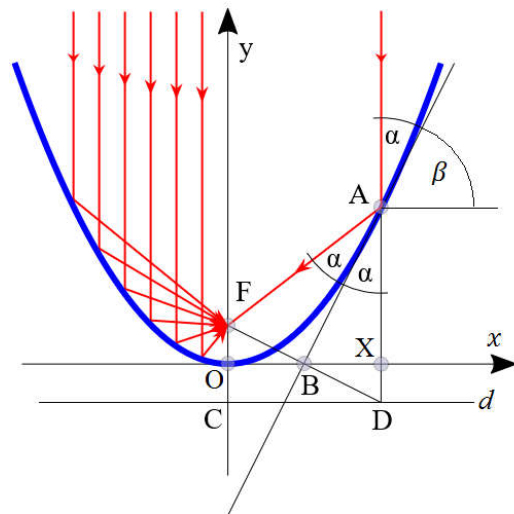
$$ax^2 + bx + c = a\left(x + \frac{b}{2a}\right)^2 + c - \frac{b^2}{4a} = k(x - s)^2 + h$$

Уг парабол нь k параметрийн эерэг эсвэл сөрөг утгатай байхаас хамаарч дээш эсвэл доош харсан U хэлбэрийн муруй байх бөгөөд $x = s$ шулууны хувьд тэгш хэмтэй. Уг шулууныг параболын тэгш хэмийн тэнхлэг гээд,

(s, h) координаттай цэгийг түүний оройн цэг гэж нэрлэдэг.

Параболын бас нэг геометр тодорхойлолт нь цэг болон шулуун ашигладаг: тодорхой нэг цэг (фокусын цэг) болон шулуунаас (директрикс) ижил зайд орших цэгүүдийн олонлог парабол муруй байна. Параболын фокусын цэг нь дараах онцлог шинж чанартай байдаг нь: Парабол хэлбэртэй толинд түүний тэгш хэмийн тэнхлэгтэй параллель гэрлийн цацраг тусвал ойсон цацрагууд фокусын цэгийг дайрдаг.

Дээрх хоёр тодорхойлолт хоорондоо эквивалент болохыг харуулъя. Ерөнхий $y = k(x - s)^2 + h$ хэлбэртэй функцийн графикт харгалзах параболын фокусын цэгийг оройн цэгээс дээш $\frac{1}{4k}$ зайд (параболын дотор талд, $(s, h + \frac{1}{4k})$ координаттай цэг дээр), харин директрикс нь параболын гадна талд, оройн цэгээс мөн $\frac{1}{4k}$ зайд орших, абсцисс тэнхлэгтэй параллель $(y = h - \frac{1}{4k})$ шулуун гэж тодорхойлдог.



Зураг 2. Параболын фокусын цэг.

Баталгааны бичиглэлийг товчлохын тулд $y = kx^2$ гэсэн энгийн квадрат функцийн график сонгож авъя. Параболын дурын $A(a, ka^2)$ цэгээс фокусын $F\left(0, \frac{1}{4k}\right)$ цэг хүртэлх зайг тооцоолбол (Зураг 2):

$$\begin{aligned} AF &= \sqrt{(a-0)^2 + \left(ka^2 - \frac{1}{4k}\right)^2} = \sqrt{a^2 + k^2a^4 - \frac{a^2}{2} + \frac{1}{16k^2}} = \sqrt{k^2a^4 + \frac{a^2}{2} + \frac{1}{16k^2}} \\ &= \sqrt{\left(ka^2 + \frac{1}{4k}\right)^2} = ka^2 + \frac{1}{4k} = AX + XD \end{aligned}$$

A цэгээс d директрикс хүртэлх зайтай тэнцүү болох нь харагдаж байна. Өөрөөр хэлбэл алгебр тодорхойлолт нь геометр тодорхойлолтой эквивалент болох нь батлагдаж байна. Мөн параболын A цэг дээрх шүргэгч шулууны өнцгийн коэффициент нь түүний уламжилсан функцийн тухайн цэг дээрх уггатай тэнцүү байдгийг илэрхийлэл болгож бичвэл:

$$\tan \beta = (kx^2)'|_{x=a} = 2kx|_{x=a} = 2ka$$

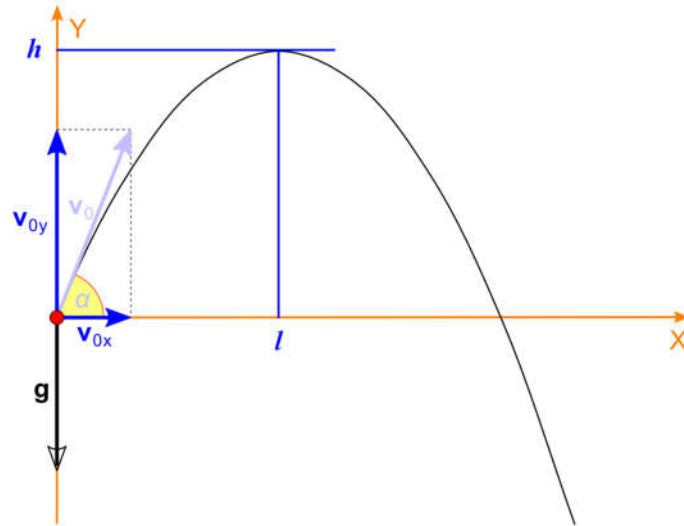
Мөн FD хэрчмийн өнцгийн коэффициентийг тооцоолбол:

$$\frac{CD}{FC} = \frac{OX}{FO + OC} = \frac{a}{\frac{1}{4k} + \frac{1}{4k}} = 2ka$$

Үүнээс FD хэрчим болон шүргэгч шулуун AB хоорондоо перпендикуляр буюу FD хэрчим нь $\triangle AFD$ адил хажуут гурвалжны оройн цэгээс буулгасан өндөр болох ба биссектрисгүйгээ давхцана. Зураг дээр α гэж тэмдэглэсэн, эсрэг өнцгүүд болон биссектрисийн өнцгүүд хоорондоо тэнцүү болно. Өөрөөр хэлбэл тэгш хэмийн тэнхлэгтэй параллель туссан цацраг парабол дээр тусаад, тухайн гадаргад буюу шүргэгч шулуунтай үүсгэсэн өнцөгтэй тэнцүү өнцгөөр ойход фокусын цэгийг дайрч гарах болно. Энэ нь гэрлийн ойлтын хууль бөгөөд, үүгээр дээр дурьдсан параболын фокусын цэгийн онцлог шинж чанарын баталгаа хийгдлээ.

Одоо параболын энэхүү шинж чанарыг физикийн бодлого бодоход ашиглах тухай авч үзье. Физикийн бодлогод парабол муруйн тохиолддог хамгийн түгээмэл тохиолдол нь хэвтээ чигт өнцөг үүсгэн шидэгдсэн бодлого байдаг билээ. Хэрэв бид агаарын эсэргүүцлийг тооцохгүй бол шидэгдсэн биеийн хөдөлгөөний траектори нь парабол хэлбэртэй байдаг.

Хэвтээ чигт α өнцөг үүсгэн v_0 анхны хурдтай шидэгдсэн биеийн траекторын фокусын цэг болон хөдөлгөөн эхэлсэн цэг хоорондын зай ямар байхыг тодорхойлцгооё. Хөдөлгөөн эхэлсэн цэг дээр тооллын эхтэй, $t_0 = 0$ хугацаатай, хэвтээ чиглэлийн дагуу x тэнхлэгтэй, босоо чиглэлийн дагуу y тэнхлэгтэй тооллын систем сонгож авъя.



Зураг 2. Хэвтээ чигт өнцөг үүсгэн шидэгдсэн биеийн хөдөлгөөн

Биеийн хэвтээ чиглэлийн дагуух хурд $v_{0x} = v_0 \cos \alpha = \text{const}$ тогтмол байх ба босоо чиглэлийн дагуух байгуулагч нь $v_y = v_{0y} - gt = v_0 \sin \alpha - gt$ жигд хурдсах хөдөлгөөний тэгшитгэлээр өөрчлөгдөнө. Үүнээс траекторын тэгшитгэл бичвэл:

$$\begin{cases} x = v_0 \cos \alpha \cdot t \\ y = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} t = \frac{x}{v_0 \cos \alpha} \\ y = \tan \alpha \cdot x - \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 \end{cases}$$

Үүний оройн цэг нь $h = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$ өндөрт, анх шидсэн цэгээс хэвтээ чиглэлд $l = \frac{v_0^2 \sin \alpha \cos \alpha}{g}$ зайд байрлах (Зураг 3) ба фокусын зай $f = \frac{1}{4 \cdot \frac{g}{2v_0^2 \cos^2 \alpha}} = \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2g}$ байна.

Тооллын эх болон фокусын цэгийн хоорондох зайг тооцоолбол:

$$\begin{aligned} d^2 &= l^2 + (h - f)^2 = \frac{v_0^4 \sin^2 \alpha \cos^2 \alpha}{g^2} + \left(\frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} - \frac{v_0^2 \cos^2 \alpha}{2g} \right)^2 \\ &= \frac{v_0^4}{4g^2} (2 \sin \alpha \cos \alpha)^2 + \frac{v_0^4}{4g^2} (\sin^2 \alpha - \cos^2 \alpha)^2 = \frac{v_0^4}{4g^2} (\sin^2 2\alpha + \cos^2 2\alpha) \\ &= \frac{v_0^4}{4g^2} \end{aligned}$$

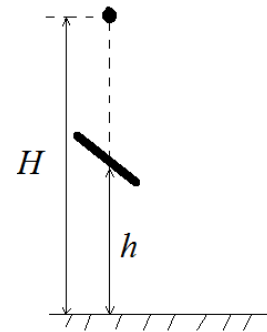
Тооцооллын дүнд $d = \frac{v_0^2}{2g}$ зай нь биеийг ямар өнцгөөр шидсэнээс үл хамаарч байгаа нь харагдах бөгөөд, тооллын эх нь параболд харьяалагдах цэг гэдгийг, мөн параболын геометр онцлогийг ашиглавал: траекторын директрикс нь ямар ч тохиолдолд анх шидсэн цэгээс эгц дээш $d = \frac{v_0^2}{2g}$ зайд байх нь батлагдана. Үүнийг ашиглан физикийн хүнд бодлогуудыг хялбар бодож болдог ба дараах хэдэн жишээг хамт бодоцгооё.

Жишээ 1. Тайван байсан бөмбөгийг H өндөрт барьж байгаад унагасан бөгөөд түүний доор $h < H$ өндөрт орших, босоо тэнхлэгтэй 45° өнцөг үүсгэсэн налуу дээр абсолют уян харимхай ойв.

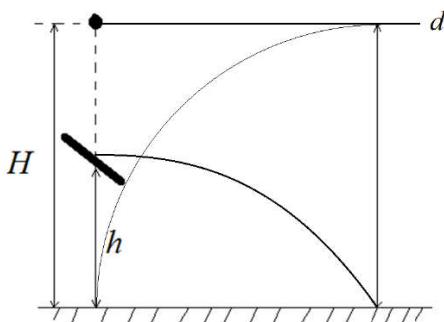
а) Бөмбөгийн тусгал (хэвтээ чиглэлийн дагуух шилжилт) хамгийн их байхын тулд h өндөр ямар байх шаардлагатай вэ?

б) Тусгалын зайн хамгийн их утгыг тодорхойл.

Бодолт: Энерги хадгалагдах хууль ашиглан бөмбөгийн налуу дээр унах үеийн хурдыг $v_h = \sqrt{2g(H-h)}$ гэж тодорхойлж болно. Абсолют уян харимхай ойлт болох учир, бөмбөгийн налуу дээрх тусгалын болон ойлтын өнцөг тэнцүү байх ёстой буюу бөмбөг хэвтээ чиглэлийн дагуу v_h анхны



Зураг 4. Жишээ 1.



Зураг 5. Жишээ 1-н бодолт.

хурдтайгаар парабол траекториор хөдөлж эхлэнэ. Уг параболын директрикс ойлтын цэгээс дээш $d = \frac{v_h^2}{2g} = H - h$ зайд буюу бөмбөг унагасан цэгтэй ижил түвшинд оршино (Зураг 5).

Мөн параболын оройн цэг нь мөргөлтийн цэг бөгөөд тэгш хэмийн тэнхлэг нь бөмбөг унаж эхэлсэн шулуунтай давхцана. Өөрөөр хэлбэл параболын фокусын цэг нь бөмбөгийн анхны байрлалаас эгц доош оршино.

Бөмбөгийн газарт тусах цэг нь мөн параболын цэг бөгөөд түүнээс директрикс хүртэлх зай, фокусын цэг хүртэлх зайтай тэнцүү байх чанарыг ашиглавал: уг зай хамгийн их байхын тулд тусгалын цэг дээр төвтэй, H радиустай тойрог тэгш хэмийн шулуунд шүргэгч байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл тусгалын зайн хамгийн их утга нь $l = H$ байна гэсэн үг.

Тусгалын зайн хамгийн их утга авах нөхцөл нь параболын фокусын цэг газартай нэг түвшинд орших ёстой бөгөөд дараах тэгшитгэлээр илэрхийлж болно:

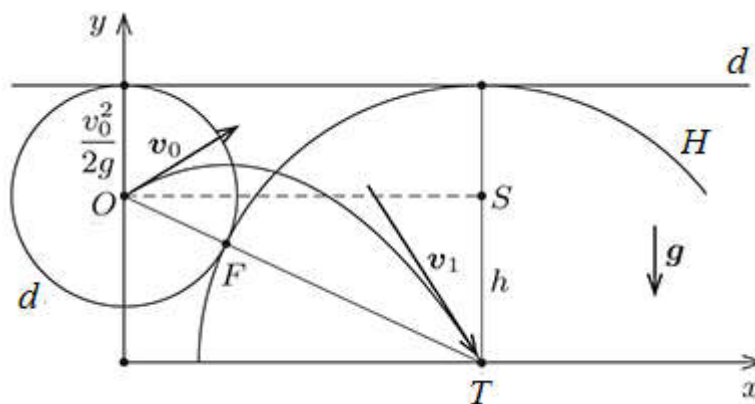
$$h = f = f = \frac{v_h^2 \cos^2 0^\circ}{2g} = H - h$$

Үүнээс $h = H - h$ буюу $h = \frac{H}{2}$ гэж тодорхойлогдоно. Өөрөөр хэлбэл налууугийн өндөр нь бөмбөгийг унагах өндрийн хагастай тэнцүү $h = \frac{H}{2}$ үед, тусгалын зайх $l = H$ хамгийн их утгаа авна.

Жич: Энэ бодлогыг “Дүүрэн устай, H өндөртэй савны хажуугаас h өндөртэй цэгт жижиг нүх гаргасан бол асгарах усны тусах хамгийн хол зайг тодорхойл” гэсэн бодлогод хувиргаж болох бөгөөд Бернулийн хуулийг ашиглавал: абсолют уян харимхай ойлт бүхий дээрх жишээтэй яг ижил болохыг харж болно.

Жишээ 2. Жижиг биетийг h өндөртэй цамхагийн оройгоос v_0 анхны хурдтайгаар янз бүрийн чиглэлд шидэв. Хэрэв агаарын эсэргүүцлийг тооцохгүй бол биетийн цамхагийн сууриас хамгийн хол тусах зайг тодорхойл.

Бодолт: Өмнөх жишээтэй төстэйгээр, ямар ч чиглэлд шидсэн, тухай траекторын директрикс нь анх шидсэн O цэгээс дээш $d = \frac{v_0^2}{2g}$ зайд буюу газраас $H = h + \frac{v_0^2}{2g}$ өндөрт орших шулуун байхыг харж болно (Зураг 6). Тусгалын цэгийг T үсгээр тэмдэглэе.



Зураг 3. Жишээ 2-н бодолт.

Тэгвэл O болон T цэг нь хоёулаа параболд харьяалагдах бөгөөд d директрикс болон F фокусын цэг хүртэлх зайнууд хоорондоо тэнцүү байх ёстой гэдгээс зурагт тэмдэглэсэнээр d болон H радиустай тойргуудын огтлолцол дээр фокусын F цэг оршино. Тусгалын цэг цамхагийн сууриас хамгийн хол орших нөхцөл нь анх шидсэн O цэг болон тусгалын T цэг хоорондын зай хамгийн их байх нөхцөлтэй эквивалент. Өөрөөр хэлбэл хоёр тойргийн төвүүдийн хоорондох зай хамгийн их байх нөхцөлтэй адил гэсэн үг. Энэ нь хоёр тойрог хоорондоо шүргэлцэж байх үед биелэх бөгөөд энэ нөхцлийг Пифагорын теорем ашиглан илэрхийлэл болгож бичье:

$$OF^2 = ST^2 + SO^2 \quad \rightarrow \quad (d + H)^2 = h^2 + L^2$$

Үүнээс тусгалын зайн хамгийн их утга L -г олвол:

$$L = \sqrt{(d + H)^2 - h^2} = \sqrt{\left(\frac{v_0^2}{2g} + h + \frac{v_0^2}{2g}\right)^2 - h^2} = \frac{v_0}{g} \sqrt{v_0^2 + 2gh}$$

Жич: Энэ бодлогыг өөр олон аргаар бодож болох бөгөөд дээрх арга нь харьцангуй хялбар тооцоо бүхий товч бодолттой нь юм.

Туршилтат бодлого

Г.Мөнхбаяр¹, Б.Бат-Отгон²

¹ – МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

² – МУИС, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль

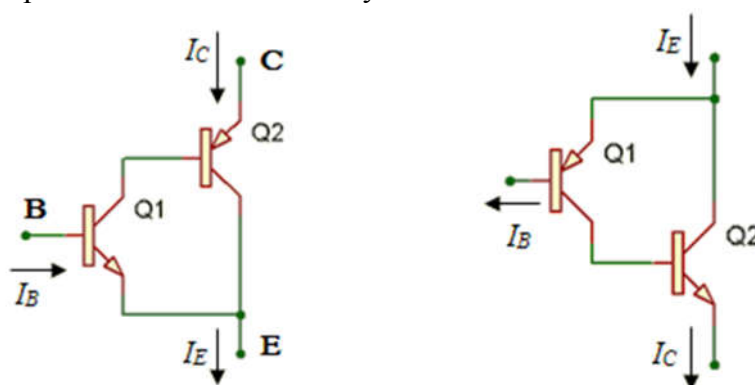
Циклай холболттой транзисторын өсгөлтийн коэффициент болон чийдэнгийн вольфрам утасны температурын өөрчлөлтийг тодорхойлох

Хэрэглэгдэх зүйлс:

1.	Электрон жаал 2008 кит	3.	Зай хураагуур
2.	Мультиметр		

Удирдтгал:

1. Транзисторын циклай холболтын тухай.



Зураг 1. N-P-N ба P-N-P транзисторын циклай холболт

Практикт их чадлын транзистор хүссэн шилжилттэй нь олдохгүй явдал тохиолддог. Тухайлбал N-P-N чадлын транзистор хэрэгтэй байхад P-N-P шилжилттэй нь байвал яах вэ? Мөн эсрэгээр P-N-P чадлын транзистор хэрэгтэй байхад N-P-N шилжилттэй нь байвал яах вэ? Эдгээр асуултуудад Циклай (Sziklai) холболт хариулна. Үнэн хэрэгтээ чадлын транзистор нь хоёр дахь транзистор нь боловч холболтын үзүүлэх шинж чанар нь нэгдүгээр транзисторынхоороо байна. Циклай холболтын гүйдэл өсгөлтийн коэффициент нь хоёр транзисторын коэффициентүүдийн үржвэрээр тодорхойлогдоно Туршилтанд хэрэглэгдэх транзисторууд нь ижил өсгөлтийн коэффициенттэй гэж үз. Тэгвэл өсгөлтийн коэффициент $I_C = \beta^2 I_B$ гэдгийг анхаараарай. (Эх сурвалж: Б.Бат-Отгон “Электроникийн үндэс” ном).

2. Материалын хувийн эсэргүүцэл температураас хамаарах тухай.

$$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)]$$

Энд $\rho(T)$ нь тухайн T температур дахь материалын хувийн эсэргүүцэл, ρ_0 нь T_0 температур дахь материалын хувийн эсэргүүцэл юм. Харин α нь тухайн материалын температурын коэффициент болно. Материал бүр өөр өөр температурын коэффициенттэй байдаг.

Хүснэгт 1.

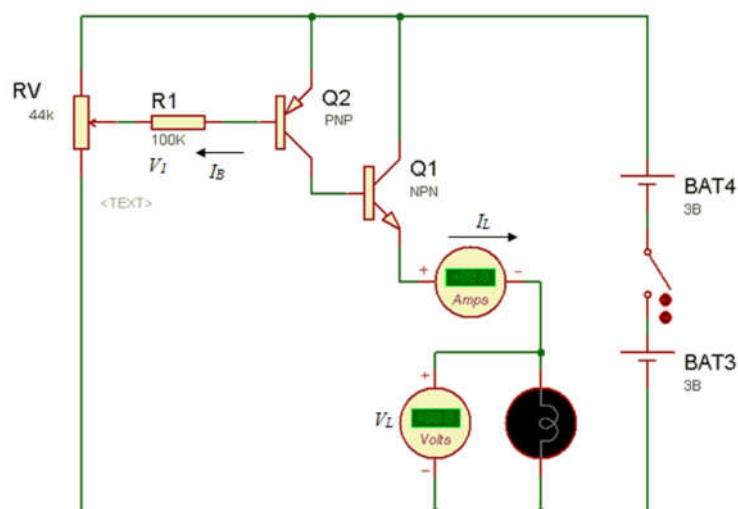
Материалын нэр	Хувийн эсэргүүцэл $\rho(\Omega \cdot \text{м})$	Температурын коэффициент α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
Мөнгө (Ag)	$1.59 \cdot 10^{-8}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$
Зэс (Cu)	$1.7 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
Алт (Au)	$2.44 \cdot 10^{-8}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$
Хөнгөнцагаан (Al)	$2.82 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
Вольфрам (W)	$5.6 \cdot 10^{-8}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
Төмөр (Fe)	$10 \cdot 10^{-8}$	$5.0 \cdot 10^{-3}$
Цагаан алт (Pt)	$11 \cdot 10^{-8}$	$3.92 \cdot 10^{-3}$
Хар тугалга (Pb)	$22 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
Нихром (NiCr)	$1.0 \cdot 10^{-8}$	$0.4 \cdot 10^{-3}$
Нүүрстөрөгч (C)	$3.5 \cdot 10^{-8}$	$-0.5 \cdot 10^{-3}$
Германий (Ge)	$4.6 \cdot 10^{-1}$	$-48 \cdot 10^{-3}$
Цахиур (Si)	$6.4 \cdot 10^2$	$-75 \cdot 10^{-3}$

Хүснэгтээс харахад температурын коэффициент эерэг, сөрөг хоёр янз байна. Бүх металлууд халах тусам электроны эмх замбараагүй хөдөлгөөн ихэссэнээс болж эсэргүүцэл нь ихэсдэг учир температурын коэффициент нь эерэг байдаг. Харин нүүрстөрөгч, германий, цахиур гэх элементүүд нь хагас дамжуулагч материалууд бөгөөд халах тусам валентийн электронууд нь атомаасаа сугарч дамжуулалтанд оролцсоноор эсэргүүцэл буурдаг буюу сөрөг температурын коэффициенттэй байна.

Улайсах чийдэнгийн гэрэл гаргадаг утсыг вольфрам буюу гянтболдоор хийдэг. Ийм чийдэнгээр гүйдэл гүйж асах үед температур нь ихэссэнээр эсэргүүцэл нь ихэсдэг. Улайсах чийдэнгээр гүйх гүйдлийг өөрчлөх замаар температурыг нь өөрчлөн түүн дээр унах хүчдэл болон гүйдлийн хамаарлыг гаргаж авч болно.

Даалгавар 1:

1. Зураг 2-т үзүүлсэн хэлхээг угсар.



Зураг 2.

2. 44kОм – ын эсэргүүцлийг өөрчлөх замаар мультиметр ашиглан гүйдэл хүчдэлийн утгуудыг хэмжиж хүснэгт 2-ийг бөглө. (1 оноо)

Хүснэгт 2.

№	V_I	V_L	I_B	I_L
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				

3. Улайсах чийдэнгийн гүйдэл-хүчдэлийн (I_L - V_L) хамаарлын графикийг байгуул. Графикийг тухайн мужид бараг шулуун гэж үзээд түүний 1В хүчдэлд асаж байсан үеийн болон 2.5В хүчдэлийн үед асаж байсан үеийн температурын зөрүүг ол.

Томъёонд хувийн эсэргүүцэл өгөгдсөн боловч хувийн эсэргүүцлийн харьцангуй өөрчлөлт эсэргүүцлийн харьцангуй өөрчлөлттэй тэнцүү гэж үзэж болно.

$$\frac{R}{R_0} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

$$\Delta T =$$

4. Транзисторын циклай холболтын коллекторын гүйдэл-баазын гүйдлийн (I_C - I_B) хамаарлын график байгуул.
5. Байгуулсан графикаасаа транзисторын өсгөлтийн коэффициентийг ол. (Транзисторуудын өсгөлтийн коэффициентүүд ижил гэж үз)

$$\beta =$$

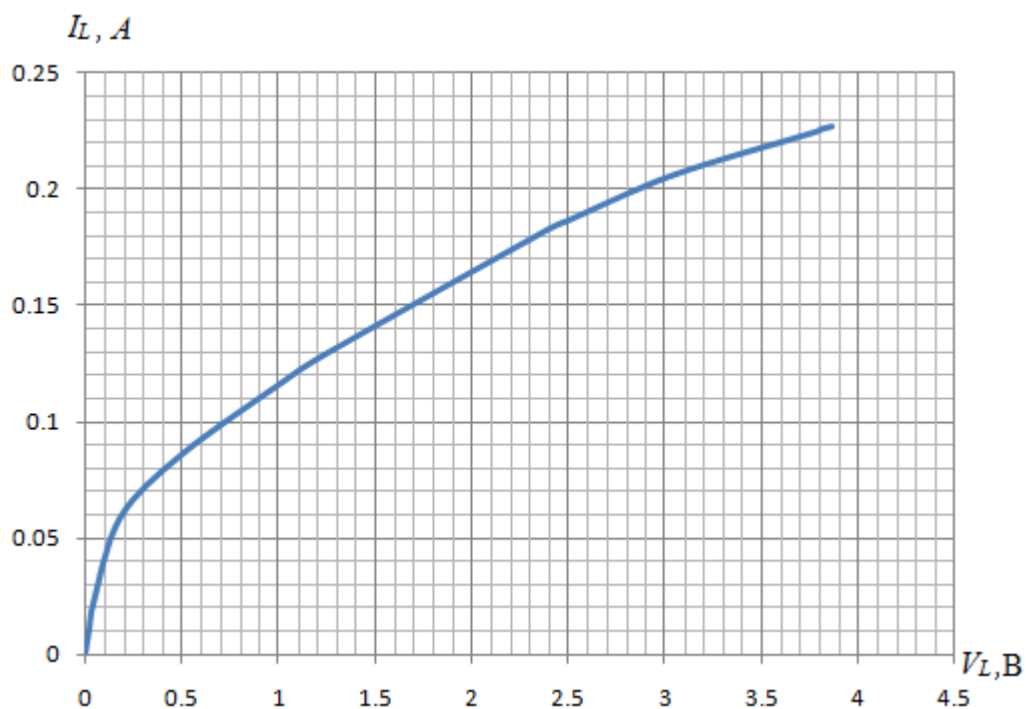
Даалгаврын хариу

2.

№	V_I (мВ)	V_L (В)	I_B (мкА)	I_L (мА)
1	0.7	0.0009	0.007	0.52
2	4.9	0.0071	0.049	3.8
3	15.4	0.0223	0.154	11.86
4	27.4	0.0423	0.274	21.8

5	70.5	0.181	0.705	58.6
6	101.7	0.5	1.017	85.8
7	165	1.005	1.65	115.9
8	178	1.22	1.78	127.7
9	328	2.4	3.28	182.6
10	343	2.5	3.43	186.2
11	450	3.03	4.5	205.3
12	540	3.65	5.4	221
13	660	3.78	6.6	224.2
14	1140	3.81	11.4	225.4
15	1600	3.86	16	226.4

3.



Томъёонд хувийн эсэргүүцэл өгөгдсөн боловч хувийн эсэргүүцлийн харьцангуй өөрчлөлт эсэргүүцлийн харьцангуй өөрчлөлттэй тэнцүү гэж үзэж болно гэсэн учир

$$\frac{R}{R_0} = \frac{\rho}{\rho_0} = 1 + \alpha \Delta T; \Delta T = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R}{R_0} - 1 \right)$$

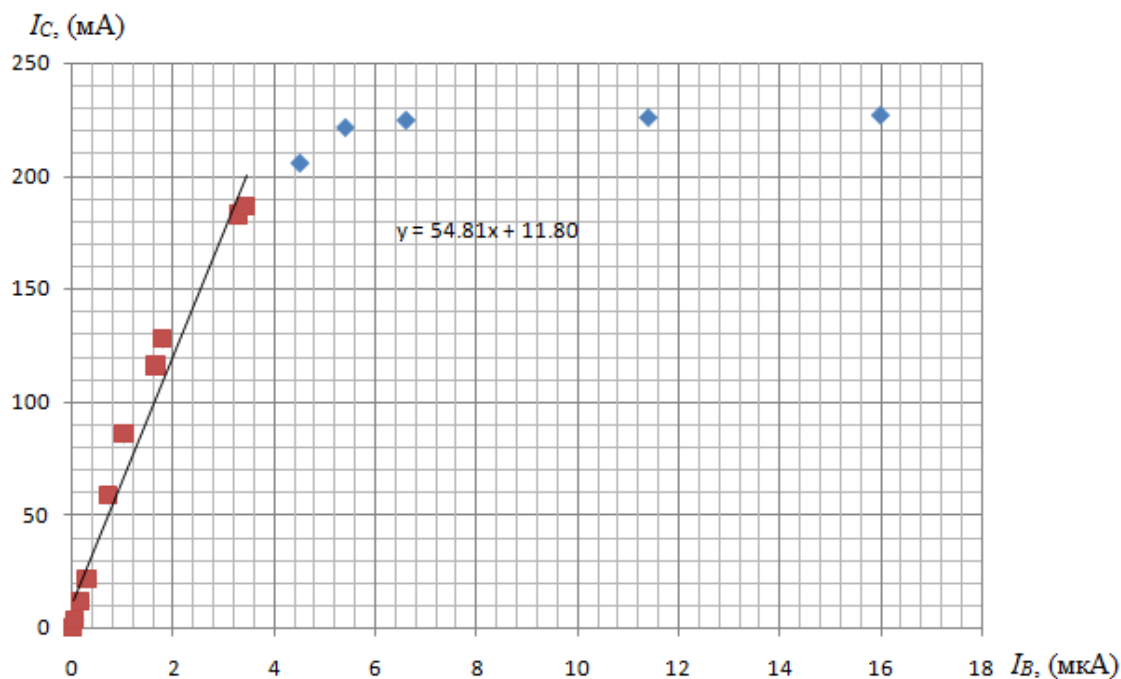
Графикаас $V=2.5\text{В}$ үед $I=0.187\text{А}$ учир $R=13.36\Omega$ БА $V_0=1.0\text{В}$ үед $I_0=0.115\text{А}$ учир $R_0=8.69\Omega$ болж байна. Эндээс:

$$\Delta T = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R}{R_0} - 1 \right) = \frac{1}{4.5 \cdot 10^{-3}} \left(\frac{13.36}{8.69} - 1 \right) = 119^\circ\text{C}$$

буюу 1В хүчдэлээс 2.5В хүчдэл хүртэл нэмэгдүүлэхэд вольфрам утасны температур 119°C – ээр нэмэгджээ.

$$\Delta T = 119^\circ\text{C}$$

4. Транзисторын циклай холболтын коллекторын гүйдэл-баазын гүйдлийн (I_C - I_B) хамаарлын график байгуул. I_C , (мА)- I_B , (мкА). I_C нь I_L тэй тэнцүү гэдгийг циклай холболтын талаар өгсөн мэдээллээс харж болно.



5. Байгуулсан графикаасаа өнцгийн коэффициент нь транзисторын өсгөлтийн коэффициентийн квадрат зэрэгтэй тэнцүү юм. Учир нь транзисторуудын өсгөлтийн коэффициентүүд ижил гэж үзсэн.

$$\beta = 234$$

ЕБС-ийн физикийн гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулах хөтөлбөр

Г.Батсүх¹, Ц.Баатарчулуун¹, Р.Бавуудорж²(МУГБ), Г.Баасанжав², С.Гэрэлмаа³,
Н.Алтангэрэл⁴(МУГБ)

¹ – Монгол Улсын Их Сургууль

² – Шинэ Монгол ахлах сургууль

³ – Нийслэлийн 11-р тусгай дунд сургууль

⁴ – Монгол Улсын Боловсролын Их Сургууль

Ерөнхий боловсрол гэж хүнийг хүмүүсийн нийгэмд “чөлөөтэй амьдрах” боломж олгодог боловсрол юм. Арай өөрөөр тухайн нийгэмд амьдрахад шаардлагатай байгалийн үзэгдлийн хамгийн түгээмэл хууль, зарчимууд болон хүний амьдралд нэвтэрсэн техник технологийн ололтын түвшинд тохирсон мэдлэгийг эзэмшиж, хүмүүстэй саадгүй харьцаж харилцан ойлголцох боломжийг бүрдүүлдэг боловсрол юм. Энэ утгаараа интернетийн сүлжээ зэрэг хүмүүсийн хоорондох харилцааны хэрэгсэлүүд бий болсон, хурдан галт тэрэг, онгоц зэрэг тээврийн хэрэгсэлүүд, худалдааны өргөн сүлжээ бий болж дэлхий даянаараа даяарчлагдаж байгаа өнөө үед хүмүүсийн амьдралд ерөнхий боловсролын үүрэг оролцоо улам чухал болов.

Хүүхдийн нас, амьдралын туршлага, мэдлэгийн түвшинг харгалзан ерөнхий боловсролыг бага ангийн, дунд ангийн, ахлах сургуулийн гэж гурав ангилан өмнөх түвшний мэдлэг боловсролд түшиглэн дараагийн түвшний боловсрол олгодог системийг хүн төрөлхтөн бий болгожээ. Үүнээс харахад ЕБС-ууд хүүхдийг “орчин цагийн хүн” болгохоос гадна тэдний “нэг хэсгийг” дараагийн шатны боловсрол буюу дээд боловсрол эзэмших чадвартай болгон гаргах үүргийг биелүүлэх ёстой.

Харамсалтай нь энэ ажлыг хариуцдаг төрийн дээд шатны байгууллагууд (ШУБСЯ) энэ үүргээ тааруухан ухаарч, бодлого болгон хэрэгжүүлдэггүй, байгалийн ухааны хичээлүүдийн олимпиадууд явуулдаг гэсэн нэр төдийгөөр халхавчлан сурагчдийг дараагийн шатны боловсрол эзэмшихэд шаардлагатай мэдлэг олгох ажилд зохих ёсоор анхаарахгүй байна(ЕБС-иуд дээр гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулах боломж бүрдүүлдэггүй, зарим албан тушаалтан нь гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулахыг зөвшөөрдөггүй, дэмждэггүй тохиолдолууд гарсаар байна).

ЕБС- иуд дээр дурьдсан үүрэгтээ анхаарал сул хандуулсаны улмаас Монголын их дээд сургуульд элсэгчдийн нилээд хэсэг нь (ихэнхи нь байж ч магад) дээд боловсрол эзэмшүүлэх сургалтын шаардлагыг хангахгүй болсоны улмаас сүүлийн жилүүдэд зарим их дээд сургуулиуд дээр ЕБС-уудын олгох ёстой байсан мэдлэгийг “нөхөн олгох хандлагатай” хичээлүүдийг ч бий болгов. Энэ нь ЕБС-ууд сурагчдыг дараагийн шатны боловсрол буюу дээд боловсрол эзэмших чадвартай болгон гаргах үүргээ хангалтгүй биелүүлж байгааг мэдэрч эхэлсэний шинж боловч дээд боловсрол олгох сургалтын түвшинг бууруулах хортой үр дагавартай юм. Үүнтэй холбоотой гарсан гарсан нэгэн газар авсан яриаг дурьдахгүй байж болохгүй. Гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулах тухай асуудал тавих бүрд “бид ЕБС-д математикч, физикч, химич ...бэлтгэхгүй” гэсэн хариулт өгдөг нь нууц биш. Жишээ нь физикийн гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулахад ашигладаг уламжлал, интеграл, вектор анализийн зарим мэдлэг нь шинжлэх ухааны хэл байдлаар хэрэглэгддэг болохыг “ЕБС-д дээд боловсрол олгож байгаа мэтээр ойлгох нь нэг шог

яриаг санагдуулж байна. Тэр яриаг хүн бүр сайн мэддэг, ахуй амьдралын харилцаанд нилээд элбэг хэрэглэдэг болсон боловч энд өгүүлэхэд илүүдэхгүй гэж бодож байна. Хөдөөгийн нэг аймагт элсэлтийн шалгалт болж хүмүүс олноор цугласан газарт бага сургууль төгссөн нэг эр тооны шалгалт авч байгааг сонсоод тэр шалгалтанд орохоор шийджээ. Багш самбар дээр алгебрийн илэрхийлэл бүхий бодлого бичиж эхлэхийг хараад “мань эр” “Багшаа тоон дотор үсэг цохиж явдаг нь юу билээ” гэж асуусан гэдэг. Гэтэл жишээ нь математикийн шинжлэх ухаан гэдэг нь тодорхой нөхцөл, шаардлагыг хангасан янз бүрийн цогц системүүдийн тухай сургаал юм. Ер нь бидний гүнгийрүүлсэн сургалтын хөтөлбөр гэж яриад байгаа зүйл нь шинжлэх ухаан, техникийн хөгжлийн өнөөгийн нөхцөлд хэрэгжүүлэх ёстой ерөнхий боловсролын түвшинг тодорхойлж байгаа хэрэг.

Дэлхийн хөгжилтэй улс орнууд шинжлэх ухааны хөгжлийн ололтыг амьдралын олон салбарт улам өргөн нэвтрүүлэх замаар улс орныхоо эдийн засгийн хүч чадлыг нэмэгдүүлэн, ард түмнийхээ тайван сайхан, эрүүл энх амьдралын нөхцлийг бүрдүүлэх зорилтыг шийдвэрлэхийн төлөө хичээн чармайж түүнийг хөгжлийн гол гарц хэмээн үздэг болжээ.

Энэ зорилгоор шинжлэх ухааны гүн гүнзгий мэдлэг боловсролтой залуу халааг өсвөр наснаас нь бэлтгэх ажлыг чухалчлах болсны нэг илэрхийлэл нь ЕБС-ийн сурагчдынхаа дунд байгалийн ухааны олон салбараар гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулж, янз бүрийн хэлбэрийн уралдаан тэмцээн, олимпиадыг үндэсний хэмжээнд хэд хэдэн үе шаттайгаар зохион байгуулж тухайн чиглэлээр зохион байгуулдаг олон улсын ба бүс нутгийн хэмжээний олимпиадуудад идэвхтэй оролцдог, зохион байгуулдаг болсон явдал юм.

Дэлхийн олон улс оронд тухайн чиглэлээр гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулдаг сургууль, төвүүд байгуулан түүнд төрөөс болон хандивлагчдийн зүгээс хөрөнгө санхүүгийн болон бусад төрлийн дэмжлэг үзүүлж байдаг жишиг газар сайгүй бий болжээ.

Дэлхий, тивийн хэмжээнд өрсөлдөх тамирчдыг зөвхөн биеийн тамирын хичээлээр бэлтгэдэггүйн адил дэлхий тивийн хэмжээнд өрсөлдөх бүтээл гаргаж улс орны хөгжилд хувь нэмэр оруулах мэргэжилтэнтэй болох ажлыг өсвөр бага наснаас нь эхлэн байгалийн шинжлэх ухааны бүхий л салбараар явуулдаг тусгай гүнзгийрүүлсэн сургалт үгүйгээр төсөөлөх аргагүй.

Физикт судладаг амьд биш байгалийн үзэгдлийн зүй тогтол хуулиуд нь “харьцангуй” хөдлөшгүй зүйл бөгөөд янз бүрийн шатны сургуулиудад үздэг физикийн курсууд нь сурагчдын эзэмшсэн математик аппаратын хүрээгээр хязгаарлагдсан, өөр өөр түвшинтэй, түүнд тохирсон судалгааны аргыг хэрэглэдэгээрээ ялгаатай юм. Иймд ерөнхий боловсролын сургуулийн ердийн ангид үзэх физикийн хөтөлбөрөөс гүнзгийрүүлсэн сургалтын хөтөлбөр анхнаасаа өөр байх шаардлагатай. Өөрөөр хэлбэл ердийн ангид үзэх физикийн хөтөлбөрөөр сургалт явуулсаны дараа ахисан түвшиний хөтөлбөрийг үзэхээр хийгдсэн одоогийн мөрдөж байгаа хөтөлбөр нь хэрэгжих боломж муутай, эсвэл өрөөсгөл шинжтэй байх болно. Дунд боловсролын шатанд гүнзгийрүүлсэн сургалтын хөтөлбөрөөр суралцсан сурагчдыг ахлах ангийн гүнзгийрүүлсэн хөтөлбөрөөр суралцахыг дэмждэг байхаар сургалтыг зохион байгуулах хэрэгтэй. Ийм нөхцөлд явагдсан гүнзгийрүүлсэн сургалтаар тухайн чиглэлээр дээд

боловсрол эзэмших боломжтой хүмүүсийг бэлтгэж болно. Жишээ нь математик эсвэл физикийн гүнзгийрүүлсэн сургалтын хөтөлбөрөөр суралцаагүй хүнийг инженерийн аль нэг чиглэлээр дээд боловсролтой болгох нь их л төвөгтэй байх нь мэдээж.

Олон жил физикийн улсын олимпиадын даваанууд болон Олон улс, Азийн физикийн олимпиадуудад сурагчдыг бэлтгэн оролцуулж байсан туршлагандаа тулгуурлаж физикийн гүнзгийрүүлсэн сургалтын жишиг хөтөлбөр боловсруулан нэгдсэн нэг журмаар улс орны хэмжээнд гүнзгийрүүлсэн сургалт явуулах, сурах бичиг, бодлогын хураамж гарын авлагатай болохыг зорьж энэхүү хөтөлбөрийг танилцуулж байна. Гүнзгийрүүлсэн сургалтын нэгдсэн хөтөлбөртэй болсоноороо энэхүү сургалтыг явуулах багш нарыг бэлтгэх, мэргэжлийг нь дээшлүүлэх, багш сурагчдыг сурах бичиг, гарын авлага материалаар хангах ажлыг хэрэгжүүлж болно. Гүнзгийрүүлсэн сургалтын хөтөлбөрүүдийг байгалийн ухаан, инженерийн чиглэлүүдээр цаашид суралцах сурагчдад зориулан боловсруулах шаардлагатай бөгөөд үүгээр дамжуулан улс орны хөгжилд нөлөө үзүүлдэг мэргэжилтэнгүүдтэй болох боломж бүрдэнэ.

Бидний боловсруулсан “ЕБС-ийн физикийн гүнзгийрүүлсэн сургалтын нөтөлбөр”-ийн төслийг та бүхэнд танилцуулж байна. Хөтөлбөрийн талаар та бүхний саналыг тусган улам боловсронгуй болгохыг зорьж байна.

Ахлах сургуулийн X, XI, XII ангийн сурагчдад зориулсан хөтөлбөр

Долоо хоногт нэмэлт 4 цаг, жилд 120 цаг, нийт 360 цагийн сургалтыг гүнзгийрүүлсэн сургалттай ангиудад оруулах, энэ цагийн баримжаа хуваарилалт дараах байдалтай байх нь зохимжтой гэж үзэж байна. Үүнд:

Судалгааны аргын үндэс	10 цаг
Механик хөдөлгөөн	70 цаг
Дулааны хөдөлгөөн	40 цаг
Цахилгаан соронзон үзэгдэл	120 цаг
Гэрлийн тухай сургаал	60 цаг
Атомын ба цөмийн физик	60 цаг

ЕБС-ийн Физикийн гүнзгийрүүлсэн сургалтын жишиг хөтөлбөр

Төсөл

д/д	Онолын үндсүүд.	Стандарт бодлогууд, Физикийн ба математикийн онцлог шийдэлтэй бодлогууд, хэрэглээ
I	СУДАЛГААНЫ АРГЫН ҮНДЭС	
1.	Математик анализийн элементүүд	
1.1	Физик хэмжигдэхүүн. Функци. Түүний уламжлал ба интеграл Физик хэмжигдэхүүн. Физик хэмжигдэхүүний хэмжээс. Физик хэмжигдэхүүнийг хэмжих. Хэмжилтийн алдаа. Хэмжигдэхүүний ойролцоо утга. Хэмжигдэхүүний ойролцоо утгуудыг нэмэх ба хасах. Үржүүлэх ба хуваах. Хувьсах хэмжигдэхүүн. Функци, Функцийн тодорхойлогдох муж. Функцийг	Хэмжигдэхүүн, хувьсах хэмжигдэхүүн. Функцийн тухай ойлголт. Функцийн төрлүүдийн жишээ. Тасралтгүй функц. Өргөн хэрэглэгддэг функцүүд, тэдгээрийн уламжлал ба интеграл тодорхойлох бодлогууд.

	<p>графикаар дүрслэх. График байгуулах арга. Функцийн уламжлал, түүний физик утга. Функцийн шинжилгээ. Функцийн хамгийн их бага утга болон бусад шинжүүрүүд. Хялбар функцүүд. Нийлмэл функцийг уламжлал. Тодорхойгүй интеграл. Тодорхой интеграл. Интегралын физик утга.</p>	
1.2	<p>Байр тодорхойлох бодлого. Декартын ба туйлын координат системүүд.</p>	<p>Декартын ба туйлын координатуудын хоорондын холбоо.</p>
1.3	<p>Скаляр хэмжигдэхүүн, түүн дээр хийх үйлдлүүд. Вектор хэмжигдэхүүн. Нэгж вектор. Векторыг байгуулагчдаар задлах. Векторыг нэмэх ба хасах, түүний хэрэглээ. Векторуудын скаляр ба вектор үржвэр, түүнийг хэрэглэх.</p>	<p><i>Евклид огторгуй дах скаляр ба вектор. Векторыг нэмэх хасах, скаляр ба вектор үржвэр</i> Координатын тэнхлэгийн сонголтоос векторын байгуулагчид өөрчлөгдөх нь. Нэг тооллын системээс нөгөөд шилжих.</p>
II	МЕХАНИК ХӨДӨЛГӨӨН	
2.	Кинематик	
2.1	<p>Оршил. Матери ба түүний хөдөлгөөн. Хөдөлгөөний ангилал. Механик хөдөлгөөн. Орон зай ба цаг хугацаа. Тооллын систем. Байр тодорхойлох бодлого. Траектори, зам, Шилжилт. Шилжилтийг тодорхойлох бодлого. Хурд, шилжих хурд. Хурдатгал. Тангенциал ба нормаль хурдатгал. Хөдөлгөөний ангилал. Цэгийн жигд ба жигд хувьсах хөдөлгөөний кинематик.</p>	<p>Шулууны тэгшитгэл. Хавтгайн тэгшитгэл. Дундаж хурдны бодлогууд. Дундаж шилжих хурдны бодлогууд. Хөдөлгөөнийг нэмэх бодлогууд. Тогтмол хурдатгалтай муруй шугамын хөдөлгөөн.</p>
2.2	<p>Хөдөлгөөнийг нэмэх. Хэвтээ чиглэлд өнцөг үүсгэн шидсэн биеийн хөдөлгөөн. Харьцангуй хурд. Хатуу биеийн давших ба эргэх хөдөлгөөний кинематик. Хатуу биеийн дурын цэгийн хурд, хурдатгалыг тодорхойлох. Тойргоор эргэх хөдөлгөөн.</p>	<p>Хөдөлгөөнийг нэмэх бодлогууд. Гол гатлах бодлого. Тогтмол хурдтай болон тогтмол хурдатгалтай шулуун хөдөлгөөн. Тогтмол хурдатгалтай муруй шугамын хөдөлгөөн. Муруйлтын радиус. Харьцангуй хурдны бодлогууд. Хамгийн бага анхны хурдаар байг онох. Хананы цаана байх байг онох. Сумны тусах муж. Дугуйнаас үсэрсэн шавар. Эргэж буй голноос цацагдах дуслууд. Унаанаас урьтах бодлого. <i>Гүйцэж түрүүлэх ба угталцах хөдөлгөөний бодлого.</i> Харьцангуй хурдны бодлогууд. Хөдөлж байгаа хоёр биеийн хамгийн их ойртох зай. Тойргоор жигд ба жигд биш эргэх хөдөлгөөн</p>
3	Динамик	
3.1	<p>Галилейн харьцангуй зарчим. Биесийн харилцан үйлчлэл. Хүчний тухай ойлголт. Инерциал тооллын систем. Ньютоны 1-р хууль. Ньютоны 2-р хууль. Хүчний үйлчлэлийн ерөнхий шинж. Ньютоны 3-р хууль. Хүчний үндсэн төрлүүд. Бүх ертөнцийн таталцалын хууль. Дэлхийн татах хүч.</p>	<p>Материал цэгийн шулуун шугамын болон тойргоор эргэх хөдөлгөөнд Ньютоны хууль хэрэглэх. Уул дээрх чарга. Налуу хавтгай дээрх хавтангууд. Үхлийн гогцоо.</p>

	Биеийн жин. Харимхайн хүч. Хүчийг хэмжих. Тайвны ба гулсах үрэлтийн хүч. Шулуун шугамын болон муруй замын хөдөлгөөн.	
3.2	Систем биед Ньютоны хуулийг хэрэглэх. Механик системийн бодлогууд. Динамик ба кинематик холбоосын тэгшитгэлүүд. Массын төв.	Хөдөлгөөнтэй налуу хавтгай дээрх хэрчим. Эргэж буй саваа дээрх эрхи. Холбоостой үрлүүд. Массын төв. Массын төвийн хөдөлгөөн..
3.3	Ньютоны хуулийн өргөтгөсөн хэлбэр. Механик системийн импульс хадгалагдах хууль.	Массын төвийн бодлогууд. Массын түгэлттэй бодлогууд. <i>Хувьсах масстай биеийн хөдөлгөөн. Пуужингийн хөдөлгөөн. Унаж буй гинжний бодлого. Тийрэлтэт хөдөлгөөн. Налуугаар өгсөх хөдөлгөөн. Налуугаар бие гулсахад налуу цуг хөдлөх.</i>
3.4	Хатуу биеийн хөдөлгөөнийг давших ба эргэх хөдөлгөөнд задлах. Хатуу биеийн эргэх хөдөлгөөний динамик. Хатуу биеийн инерцийн момент. Эргээхэй.	Хатуу биеийн эргэх хөдөлгөөний бодлогууд. Инерцийн момент тодорхойлох бодлогууд. Эргээхэй бодлогууд.
4.	Энергийн тухай ойлголт. Энерги хадгалагдах хууль.	
4.1	Энергийн тухай ойлголт. Ажил. Хувьсах хүчний ажил. Энерги, түүний хэлбэрүүд. Кинетик ба потенциал энерги. Потенциал энергийн төрлүүд. Механизмын чадал, ашигт үйлийн коэффициент.	Кинетик энерги өөрчлөгдөх тухай теорем. <i>Төрөл бүрийн хүчний ажлууд, Хөдөлгөөнт довтог өөд бие гулсах,</i>
4.2	Энерги хадгалагдах хууль. Мөргөлдөөний бодлого. Абсолют харимхай ба абсолют харимхай биш мөргөлдөөн.	Мөргөлдөөний бодлогууд. Үрэл, шаантагийн мөргөлдөөн. Мөргөлдөөн үргэлжлэх хугацаа. Хоёр ба гурван савааны мөргөлдөөн.
5.	Гравитацийн орон дахь биеийн хөдөлгөөн.	
5.1	Гравитацийн таталцлын орон, түүний энерги. Импульсийн момент хадгалагдах хууль. Төвийн тэгш хэмт орон дахь биеийн хөдөлгөөн.	<i>Дэлхийн хэлбэрээс чөлөөт уналтын хурдатгал хамаарах, Тойрог зам өөрчлөгдөх. Хоёр биеийн хөдөлгөөний бодлого.</i>
5.2	Кеплерийн хуулиуд. Нарны аймаг, галактик, орчлон	Сансрын хурдууд, стационар дагуул. Тойрог замаас буцах. Солир. Альфа бөөмийн сарнил. <i>Сансар судлалын сүүлийн үеийн ололтууд. Сар ба ойрын гараг руу хийх нислэг.</i>
6.	Статик	
6.1	Биеийн давших хөдөлгөөний ба эргэх хөдөлгөөний тэнцвэр. Тэнцвэрийн нөхцлүүд.	<i>Хүндийн төвийг тодорхойлох бодлогууд. Хана түшүүлсэн шат. Шаантаглах. Аяга доторх тэнцвэр. Чирэх хөдөлгөөнийг загварчлах</i>
6.2	Хүчнүүдийн тэнцүү үйлчлэгч. Биеийн хүндийн төв. Биеийн тэнцвэрийн хэлбэрүүд.	Тэнхлэгтээ үрэлттэй дүүжин. Тэнхлэгтээ үрэлттэй эргэвч. Тэнцвэрийн тогтворт чанар. Шонд ороосон олс.
7.	Инерциал биш тооллын систем дахь биеийн хөдөлгөөн	
7.1	Галилейн харьцангуй зарчим. Инерциал биш тооллын системийн тухай ойлголт. Инерцийн хүчнүүд.	Байгаль, техникт тохиолдох инерциал биш тооллын системийн жишээ. Эдгээр системд явагдах үзэгдлүүдийг тайлбарлах. <i>Давших хөдөлгөөний үед үйлчлэх инерцийн хүч</i>

7.2	Инерцийн хүчний хэлбэрүүд. Төвөөс зугатах инерцийн хүч. Кориолисын хүч.	Бодлогыг инерциал биш тооллын системд шилжүүлэн шийдвэрлэх жишээ. <i>Дэлхий дээр тохиолдох инерцийн хүчний үйлчлэл.</i>
8.	Хэлбэлзэх хөдөлгөөн	
8.1	Хэлбэлзэх хөдөлгөөн. Гармоник хэлбэлзэлийн кинематик. Гармоник хуулиар хэлбэлзэж байгаа цэгийн шилжилт, хурд, хурдатгалын илэрхийллүүд. Хэлбэлзлийг нэмэх .	<i>Гармоник хэлбэлзэл.</i> Гармоник хэлбэлзлийн үе. <i>Дэлхийн бөмбөрцөгийг нэвтлэсэн нүхээр бие хөдлөх</i>
8.2	Гармоник хэлбэлзлийн динамик. Харимхай хүчний үйлчлэл дэх биеийн хөдөлгөөн. Математик ба физик дүүжин. Унтрах хэлбэлзэл. Албадмал хэлбэлзэл. Тэдгээрийн үзүүлэлтүүд.	Нэгдүгээр эрэмбийн тогтмол коэффициенттай нэг төрлийн шугаман тэгшитгэлийн шийд. 1–р эрэмбийн тогтмол коэффициенттай нэг төрөл биш шугаман тэгшитгэлийн шийдийг олох. 2 –р эрэмбийн тогтмол коэффициенттай нэг төрлийн шугаман тэгшитгэлийн шийд. 2–р эрэмбийн тогтмол коэффициенттай нэг төрөл биш шугаман тэгшитгэлийн шийд. Хувьсагч ялгах аргаар дифференциал тэгшитгэлийг бодох арга. Хосломол (Конбинированный) дүүжингүүд. Найраг бус хэлбэлзэл. Цагирагийн хэлбэлзэл.
8.3	Долгион, Долгионы урт. Долгионы тэгшитгэл. Түүний шийд. Харимхай орчинд үүсэх долгион. Хөндлөн ба тууш долгион. Тэдгээрийн хурд. Дууны долгион, түүний үзүүлэлтүүд. Усны гадаргад үүсэх долгион.	<i>Харимхай орчин доторх долгион, агаарт дуу үүсэх, Эргэж байгаа цагирагт үүсэх долгион. Чавхдаст үүсэх долгион. Цохих долгион.Зогсонги долгион. Битүү ба задгай хоолой доторх агаарын баганын хэлбэлзэл, дуу шуугиан, децибел хуваарь, хөгжмийн дуу, тон, хагас тон, октав зэрэг ойлголтууд, дууны спектр, дууны эрчим, сонсох босго, хөгжмийн дуу, усны гадаргын долгион, цунами, солитон, пульс долгион</i>
III	ДУЛААНЫ ХӨДӨЛГӨӨН	
9.	Молекул кинетик онолын үндэс	
9.1	Бодисын бүтцийн молекул кинетик онолын үндэс. Бодисын тоо хэмжээ. Авогадрын тоо. Молекулын тоо энергээр хуваарилагдах Больцманы түгэлт. Молекулын тоо хурдаар хуваарилагдах Максвеллийн түгэлт. Чөлөөт замын хурд.	Агаар мандал дахь молекулын тоо. Дээд агаар мандал дахь дагуулын хөдөлгөөн.
9.2	Бодисын төлөв байдлын параметрууд. Хийн температур , даралт ба нягт (эзэлхүүн). Хийн туршилтын хуулиуд. Идеал хий. Түүний төлвийн тэгшитгэл Дальтоны хууль, Осмос даралт, Изопротессуудын төлвийн тэгшитгэл Изопротессуудийн график.	Жижиг нүхтэй хаалтаар зааглагдсан сав доторх хий. Изотопыг ялгах. Вакуум насос. Бүлүүрийн хэлбэлзэл. Битүү цилиндр доторх бүлүүр. <i>Температурыг хэмжих, температурын хуваариуд, Их өндөр ба гүнд амьсгалах,</i>
10.	Термодинамикийн хуулиуд	
10.1	Термодинамик системийн энерги (Дотоод энерги). Термодинамик системийн хийх ажил. Дулааны тухай ойлголт. Термодинамикийн 1–р хууль, түүнийг янз бүрийн процесст хэрэглэх. Адиабат процесс.	Нэг атомт хийд энерги хадгалагдах хуулийг хэрэглэх. Дулаан өгөх үү? халаах уу ? Изотерм ба адиабатын огтлолцол.Буцах ба үл буцах процесс.

10.2	Дулаан багтаамж, түүний классик онол. Молекулын энерги чөлөөний зэргээр жигд хуваарилагдах хууль. Дулааны хөдөлгүүрүүд. Отго, Дизель, Стирлинг хөдөлгүүр. Хөргөгч машин, дулааны насос. Энтропи, Термодинамикийн 3-р хууль	Идеал хийн дулаан багтаамж. Идеал хийн дулаан багтаамжийн классик онол. Дулаан багтаамжийн харьцааг тодорхойлох. Тэнцвэр тогтох. Жижиг нүхээр хий алдагдах. Агаарыг нь соруулсан савыг хийгээр дүүргэх. Тойрох процесс. Тойрох процессийн термодинамик, Дьюарын сав.
10.3	Шилжих үзэгдлүүд. Диффузи. Дулаан дамжуулал. Зуурамтгай чанар.	Шилжих үзэгдлийн бодлогууд
10.4	Фазын хувирал, фазын шилжилт. Ханасан ба ханаагүй уур. Агаарын чийг, түүний үзүүлэлтүүд.	Усны уур. Фазын шилжилт. Хиймэл мөс. Динамик халаагуур. Чийгтэй агаарын даралт. <i>Хайлах ба талсжих, ханасан уурын даралт, кавитац, хэт халсан шингэн, фазын диаграмм, гурвал цэг, агаар дахь усны уур, амьсгалахад усны уур үүсэх тухай бодлого</i>
10.5	Гадаргын таталцал. Капилляр үзэгдэл	Гадаргын таталцал. Капилляр үзэгдлийн бодлогууд. Муруйлттай гадарга орчмын уурын даралт.
11	Нэл орчны механик	
	Паскалийн хууль, шингэнт шахуурга, Гидростатик даралт. Архимедийн хууль. Биеийн хөвөх, живэх нөхцөл. Хий ба шингэний урсгал, Бернуллийн тэгшитгэл. Зуурамтгай шингэн доторх хөдөлгөөн. Хатуу биеийн деформаци, Харимхай деформацийн үндсэн хуулиуд. Юнгийн модуль. Пуассоны илтгэгч. Дулаан тэлэлт.	Паскалийн ба Архимедийн хууль. Доош харуулсан сав. Юүлүүр. Шингэнд дүрсэн саваа. Мөнгөн уст барометрийн гэмтэл. Годгодож буй шингэний түлхэлт. Гидравлик буу. Шингэн доторх тогтворжсон уналт. Зуурамтгай шингэн доторх хөдөлгөөн. <i>Агаарын бөмбөлөг, дирижабль, үүл яагаад хөвдөг вэ? Динамометрийн заалтанд их биеийн масс нөлөөлөх, хөндлөн деформаци, дагуулын хөдөлгөөнд деформацийн ойлголт хэрэглэх, шинэ төрлийн хайлиууд, агаарын хөдөлгөөн салхи үүсэх</i>
IV	ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ҮЗЭГДЭЛ	
12.	Электростатик	
12.1	Цахилгаан цэнэг. Кулоны хууль, цэнэг хадгалагдах хууль. Цахилгаан орон, Цахилгаан орны хүчлэг. Гауссын теорем, түүнийг хэрэглэх. Цахилгаан орныг нэмэх зарчим. Цахилгаан орны потенциал.	Гауссын хууль хэрэглэх жишээнүүд, Жигд цэнэглэгдсэн хавтгайн орчинд үүсэх цахилгаан орон. Цэнэглэгдсэн бөмбөлөг ба бөмбөрцгийн орчинд үүсэх цахилгаан орон. Цэнэглэгдсэн цилиндрийн орчинд үүсэх цахилгаан орон. Цэнэгтэй бөмбөрцөг гадаргын ойролцоо цэг цэнэг байрлуулахад үүсэх цахилгаан орон (электростатик толь). Нөлөөгөөр цэнэглэгдэх, цахилгаан статик хамгаалалат, Дамжуулагч бөмбөлөгтэй бодлогууд. Электростатик орны потенциал
12.2	Цахилгаан орон дахь дамжуулагч. Цахилгаан багтаамж. Тусгаарлагдсан биесийн цахилгаан багтаамж. Конденсаторууд. Конденсаторын цуваа ба зэрэгцээ холболт. Цахилгаан орон доторх диэлектрик. Диэлектрикийн туйлшрал. Диэлектрик нэвтрэх чадвар. Цахилгаан орны	Төрөл бүрийн конденсаторын багтаамж тодорхойлох бодлогууд. Конденсаторын холболтын бодлогууд. Бодис доторх цахилгаан статик орон. Нэг төрлийн цахилгаан орон дах диэлектрик бөмбөрцөг. Дамжуулагч бөмбөлөг доторх цэнэг. Хоёр бөмбөлөгийн хооронд орших цэнэг. Цэнэглэгдсэн хагас бөмбөлөг.

	энерги.	Дамжуулагч хананы ойролцоо орших диполь. Диполийн цахилгаан орон. Диполиудын харилцан үйлчлэл. Диполь ба цэг цэнэг. Шингэний цэнэглэгдсэн дусал.
	Цахилгаан статик орон доторх цэнэгт бөөмийн хөдөлгөөн. Кинескоф.	Цахилгаан орон доторх хөдөлгөөнт элементүүд. <i>Цэнэглэх төхөөрөмж, Фарадейн банк, Лейден хувин</i>
13.	Цахилгаан гүйдэл	
13.1	Цахилгаан гүйдэл, түүний нягт. Цахилгаан эсэргүүцэл. Хэлхээний хэсэг дэх Омын хууль. Цахилгаан эсэргүүцлүүдийн цуваа ба зэрэгцээ холболт. Гүйдэл үүсгэгч. Зай. Бүрэн хэлхээний Омын хууль. Хэлхээний задгай хэсэг болон хэлхээний нэг төрөл биш хэсэг дээрх Омын хууль. Кирхгофын дүрмүүд. Омын хуулийн дифференциал хэлбэр. Металл дахь цахилгаан гүйдлийн классик онол. Гүйдлийн дулааны үйлчлэл. Жоуль - Ленцийн хууль. Дамжуулагч (Резистор) ба конденсатортай хэлхээнд энерги хадгалагдах хууль хэрэглэх	Хэлхээнд холбогдсон дамжуулагчийн эсэргүүцлийг хэмжих. Тогтмол гүйдлийн үүсгүүрүүд, тэдгээрийн холболт. Тогтмол гүйдлийн цахилгаан хэлхээнүүд. <i>Гальваны зай, Электродын потенциал, амьд бие доторх цахилгаан гүйдэл.</i> Тогтмол гүйдлийн хэлхээ дахь конденсаторууд. Гүйдэлтэй хэлхээнд холбогдсон конденсаторууд. Конденсатортай хэлхээнд явагдах шилжилтийн процессууд.
13.2	Шингэн дэх цахилгаан гүйдэл. Хийн дэх цахилгаан гүйдэл. Хий дахь цахилгаан гүйдлийн төрлүүд. Вакуум дахь цахилгаан гүйдэл. Хагас дамжуулагч дахь цахилгаан гүйдэл. Хэт дамжуулал.	Диодтой цахилгаан хэлхээ. Цахилгаан хэлхээ дэх шугаман бус элементүүд. Шугаман бус элементүүд бүхий цахилгаан хэлхээнүүд. <i>цахилалтууд, аянга, хагас дамжуулагч диод, транзистор</i>
13.3	Хувьсах гүйдэл. Хувьсах гүйдлийн хэлхээний Омын хууль. Хувьсах гүйдлийн хэлхээ дэх резонансийн үзэгдэл. Хувьсах гүйдлийг гарган авах. Түүнийг алсад дамжуулах. Хувьсах гүйдлийн чадал.	<i>Хувьсах гүйдлийг шулуутгах, хүчдэл үржүүлэх, триодтой хэлхээ.</i> Хувьсах гүйдлийн хэлхээн дэх резонанс. Фаз өөрчлөгч. Зүрхэвч. Хувьсах гүйдлийн хуулийг комплекс хэлбэрээр илэрхийлэх.
14	Соронзон орон	
14.1	Соронзон орон. Соронзон орны индукц. Гүйдлийн соронзон орон. Био Савар Лапласын томъёо. Шулуун гүйдлийн соронзон орон. Дугуй гүйдлийн үүсгэх соронзон орон. Соленоидын соронзон орон. Амперийн хүч.	Янз бүрийн хэлбэртэй дамжуулагчаар гүйх гүйдлийн үүсгэх соронзон оронг тодорхойлох бодлогууд. Соронзон үзэгдлүүд. <i>Дэлхий орчмын соронзон орон.</i>
14.2	Лоренцын томъёо. Соронзон орон дахь цэнэгт бөөмийн хөдөлгөөн.	Векторуудын вектор үржвэр. Тодорхойлогч. Соронзон орон доторх хөдөлгөөнт элементүүд. Соронзон оронд унаж буй гүйдэлтэй жааз. Цахилгаан ба соронзон орон дахь цэнэгт бөөм.
14.3	Соронзон момент. Битүү хүрээний соронзон момент. Цахилгаан хөдөлгүүр, генератор.	Соронзон орон доторх гүйдэлтэй битүү жаазны соронзон момент. Цахилгаан хөдөлгүүрийн ажиллагаа.
14.4	Бүрэн гүйдлийн хууль. Цахилгаан соронзон энергийн хувирал.	<i>Хувьсах соронзон ба цахилгаан орны холбоо</i>

	Бодисын соронзон чанар. Пара, диа ба ферро соронзон чанар .	
15	Цахилгаан соронзон индукц	
15.1	Цахилгаан соронзон индукцийн үзэгдэл. Фарадейн хууль. Ленцийн дүрэм.	Цахилгаан соронзон индукцийн үзэгдлийн бодлогууд. <i>Цахилгаан хөдөлгүүр ба генератор,</i>
15.2	Өөртөө индукцлэх үзэгдэл. Харилцан индукц. Трансформатор.	<i>Ороомгын индукцлэл, өөрийн индукц, тороидын индукцлэл, RL хэлхээнд явагдах процесс, хоёр ороодсын харилцан индукц</i>
16	Цахилгаан ба соронзон оронд үүсэх хэлбэлзэл	
16.1	Хэлбэлзлийн хүрээ. Цахилгаан ба соронзон оронд үүсэх хэлбэлзэл.	Хэлбэлзлийн хүрээ.Цахилгаан хэлхээ дахь индукцлэлийн ороомог.
16.2	Хэлбэлзлийн хүрээ дахь унтрах хэлбэлзэл	Тогтмол гүйдлийн үүсгүүртэй хэлбэлзлийн хүрээ. <i>Унтрах хэлбэлзэл, хүрээний добротность,</i>
16.3	Хэлбэлзлийн хүрээ дахь албадмал хэлбэлзэл.	
16.4	Цахилгаан соронзон хэлбэлзлийн генератор. Гурван фазын гүйдэл	<i>Гурван фазын тэгш хэмт хэлхээ, гурван фазын асинхрон хөдөлгүүр</i>
Y	ГЭРЛИЙН ТУХАЙ СУРГААЛ	
17.	Цахилгаан соронзон долгион	
17.1	Цахилгаан соронзон долгионы тэгшитгэл. Цахилгаан соронзон долгионы шинж чанар. Цахилгаан соронзон долгионы хуваарь. Цахилгаан соронзон долгионы үүсгүүрүүд. Цахилгаан соронзон долгионы энерги. Энергийн урсгалын нягт.	Радиодолгионыг тодорхой чиглэлд цацах. <i>Диполийн цацаргалт, хавтгай долгион. Урт дамжуулагч ба волновод дахь долгион, цацрагалтын эрчим ба чадал</i>
17.2	Долгионы интерференц . Интерференц үүсэх нөхцлүүд. Интерференц үүсгэдэг төхөөрөмжүүд. Дифракцийн үзэгдэл. Гюйгенс Френелийн зарчим. Френелийн зоны арга. Дифракцийн тор	Долгионы когерент чанар. Интерференцийн бодлогууд. Интерферометрүүд, тэдгээрийн хэрэглээ.
17.3	Доплерийн үзэгдэл.Акустик долгионы Доплер үзэгдэл. Цахилгаан соронзон долгион дахь Доплер үзэгдэл.	<i>Доплер үзэгдэл. Хиймэл дагуулын навигац.</i>
17.4	Тууш ба хөндлөн долгион. Долгионы туйлшрал.	Гэрлийн туйлшрал Кристалл доторх гэрлийн траектори
17.5	Гэрлийн дисперс, өнгө. Солонго	Солонго харагдах өнцгийг тодорхойлох, глория – Брокены зэрэглээ гэх үзэгдлийн тухай
18.	Геометр оптик	
18.1	Геометр оптикийн хуулиуд. Фермагийн зарчим. Гэрэл ойх хугарах үзэгдэл.	Секстантууд. Биет юмсын дүрс. Параллель цацрагуудыг фокуслах. Черенковын цацаргалт. Фото аппаратын тохируулга. Фермагийн зарчмыг хэрэглэх, парабол толийг хэрэглэх.
18.2	Толь, линзэнд дүрс үүсэх. Оптик багажууд	Геометр оптикийн бодлогууд. <i>Нимгэн линзийн томъёоны гаргалгаа.Зузаан линз, оптик багажийн ялгах чадвар, нүдний шил</i>

19.	Харьцангуйн онолын үндэс	
19.1	Лоренцын хувиргалт. Майкельсоны туршлага, Релятив Доплер үзэгдэл	Фотон. Электрон-позитроны хос үүсэх процесс.
19.2	Релятив динамикийн үндэс.	<i>Релятив энерги, импульс. Харилцан үйлчлэгч бөөмийн системийн масс, холбоос энерги</i>
19.3	Фотозффектийн үзэгдэл. Фотон. Гэрлийн даралт.	Энергийн квант. Фотозффект. Рентген цацраг электрон дээр сарних . Рентген цацрагаар явагдах фотозффект.
ҮҮ	АТОМЫН ФИЗИК	
20.	Атомын физик	
20.1	Устөрөгчийн цацаргалтын зүй тогтол.	<i>Бальмер Ридбергийн томъёо хэрэглэх</i>
20.2	Атомын загвар, Борын постулатууд. Устөрөгчийн атомын Борын загвар.	<i>Ридбергийн тогтмолыг тооцоолох, устөрөгчийн энергийн түвшин, орбитийн радиус, хурд тооцоолох</i>
20.3	Электроны спин. Штерн- Герлахын туршлага. Атомын нарийн тогтоц.(Тонкая структура.)	Паулийн зарчим. Үелэх хүснэгтийг тайлбарлах. Электроны хэт нарийн багц.Устөрөгчийн атом ба тодорхой бишийн зарчим.
20.4	Атомын ба молекулын спектр. Франк, Герцийн туршлага. Лазер	Атомын энергийн түвшингүүдийг тооцоолох, Менделеевийн үелэх хүснэгт ба квант тоонууд
21.	Цөмийн физик	
21.1	Цөмийн бүтэц, тогтоц. Резерфордын туршилт. Цөмийн загвар. Протон ба Нейтрон.	Атомын цөм ба тодорхой бишийн зарчим.
21.2	Цацраг идэвхит үзэгдэл, түүний хууль. Альфа ба бетта задрал.	Цөмийн физикийн бодлогууд. Цацраг идэвхийн бүлүүд.
	Хүнд цөмийн хуваагдал. Цөмийн урвал. Цөмийн урвалын үед хадгалагдах хуулиуд	Урвалын энергийг тооцоолох,
21.3	Эгэл бөөмс	Эгэл бөөмийн хувирлын бодлогууд бодох

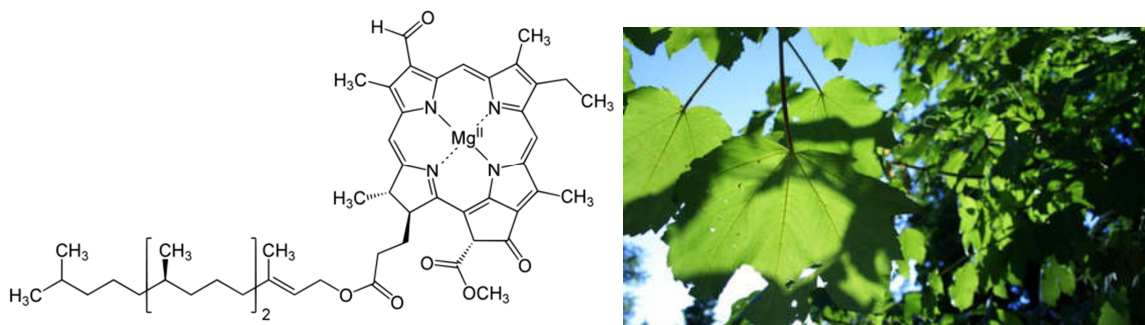
Энэ хөтөлбөрийн талаар санал бодлоо дараах хаягуудаар бидэнд ирүүлж хамтран ажиллахыг хүсье.

bats_g@yahoo.com, baatarchuluun@num.edu.mn

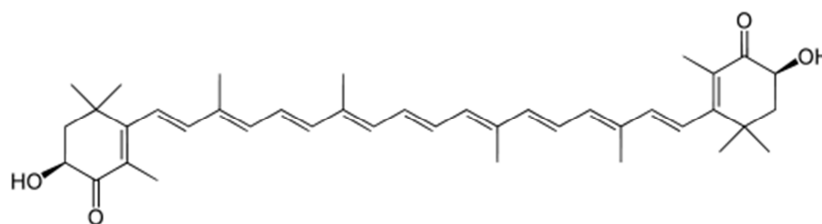
Навчис яагаад өнгөө хувиргадаг вэ?

Д-р. С. Мөнхцэцэг
МУИС, ШУС, БУС, Физикийн тэнхимийн багш

Жил бүрийн намар навчит моддын навчис ногоон өнгийн хлорофиль молекулаа (Зураг. 1) алдсаны улмаас шар, улбар шар өнгийг дэмждэг каротенойд ("carotenes" буюу "carrot")



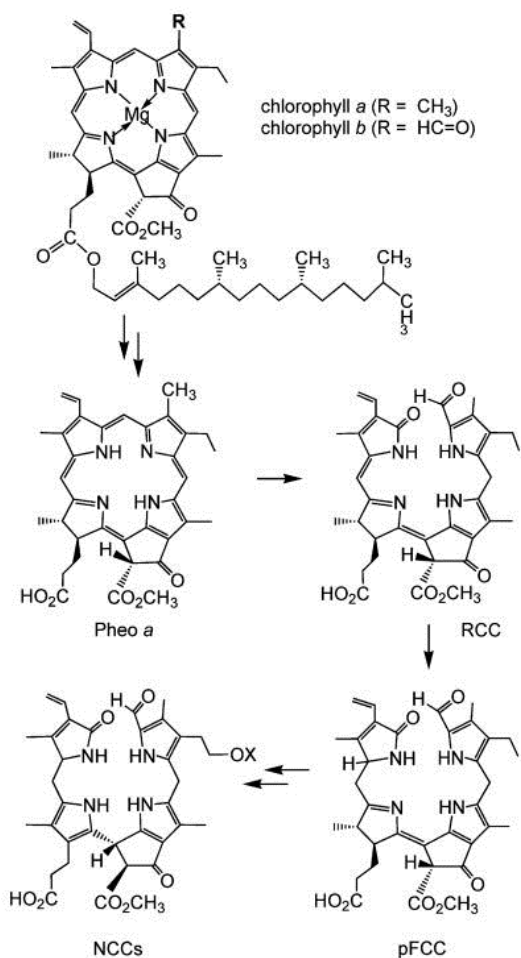
Зураг 1. Хлорофилийн молекул ба навчис



Зураг 2. Каротенойдын молекул нь "каррот" буюу лууван гэдэг үгнээс гаралтай.

лууван гэдэг үгнээс гаралтай) пигменттэй болж өнгөө хувиргадаг ажээ (Зураг. 2). Гэхдээ энэ нь навчис яагаад өнгөө хувиргадаг болохыг тайлбарлахад хангалтгүй юм.

Жил бүр навчит модод навчисаа гөвөн өвлийг давдаг. Гэтэл өвлийг давахын тулд бүх навчисаа хаях нь илүү мэт, учир нь модод навчисаар дамжуулан жилийн туршид түүнд хамгийн хэрэгтэй гэжээлээ хөрснөөс, орчноос олж авдаг билээ.



Зураг 3. Хлорофилийн эвдрэлийн урвал (катаболит үүсэх нь)

хлорофилийн молекул нь нарны энергийг фотосинтезийн урвалд биш хүчилтөрөгчийн атомд өгдөг байна. Учир нь фотосинтез энэ үед зогссон байна.

Ийнхүү их энергитэй болсон хүчилтөрөгчийн молекул нь маш "аюултай" урвалын идэвхтэй болж эргэх урвалд ч саад болно. Эдгээр "аюулт" хүчилтөрөгчийн молекулууд хлорофилийн молекулыг эвдэлсэнээр арай "аюул" багатай шаргал өнгөтэй шилжилтийн молекул (хлорофиль катаболит (Зураг. 3)) болон хувирна.

Гэвч байгаль дэлхий маань үүнд хэтэрхий ухаалаг юм.

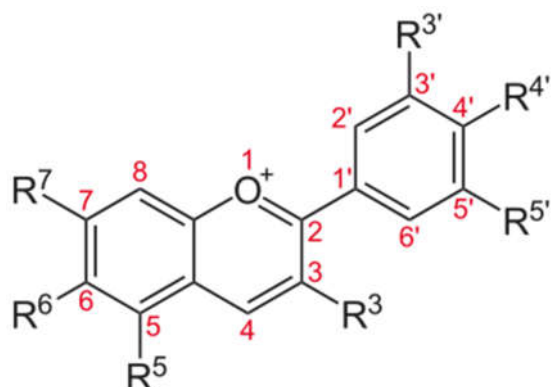
Одоо тайлбарыг харъя. Жил бүрийн намар навчит мододын навчисын цуглуулсан гэжээлийг түүнийг унахаас өмнө салаа мөчир лүүгээ татах эргэх урвалын процесс модонд явагддаг байна. Тиймээс ч навчисаа гөвөхдөө модод юу ч алддаггүй ажээ.

Фотосинтезийн урвал явуулахын тулд хлорофилийн молекул нь нарны гэрлийг өөртөө шингээдэг, хэрэв өөр бусад саадгүй бол энэ урвал тасралтгүй үргэлжилсээр байхсан.

Гэвч эргэх урвалын процесс эхлэхэд модны дотор навчинд хуримтлагдсан гэжээл, азот ба фосфорын молекулаа модны салаа, мөчир лүү татан цуглуулна.

Энэ үед нарны энергийг өөртөө үргэлжлүүлэн шингээсээр байгаа

Үүссэн шилжилтийн молекулууд нь фотосинтезийн урвалыг сааруулахгүй болгосноор навчис шаргал өнгөтэй болдог байна.



Зураг 4. Антоцианины молекул ба модод

Зарим модод хлорофилийн эвдрэлийн эсрэг нэмэлт пигмент антоцианин үүсгэдэг нь нарны гэрлээс хлорофилийн молекулыг сүүдэрлэн эвдрэхээс сэргийлнэ. Эдгээр шинэ пигментүүд нь улаан ягаан өнгөтэй байдаг тул зарим мододын навчис улаан өнгөтэй болдог байна.

Энэхүү гайхамшигтай эргэх урвалын ачаар хуучин навчисаас азот ба фосфорын молекулын бараг 50 % нь эргэн модондоо шингэснээр модод хавар эргээд ногоон болох ажээ.

Уур амьсгалийн хатуу нөхцлийг давахын тулд навчисаа гөвдөг мододыг навчит, харин тиймгүй мододыг мөнх ногоон модод гэдэг. Ихэнх навчит модод өргөн том навчтай байх тул хүйтэн сэрүүнд эвдрэлд орохдоо амархан, харин мөнх ногоон мододын навчис нарийн зураасан хэлбэртэй байх нь уур амьсгалын өөрчлөлтийг эсэргүүцэхэд хэрэгтэй ажээ.