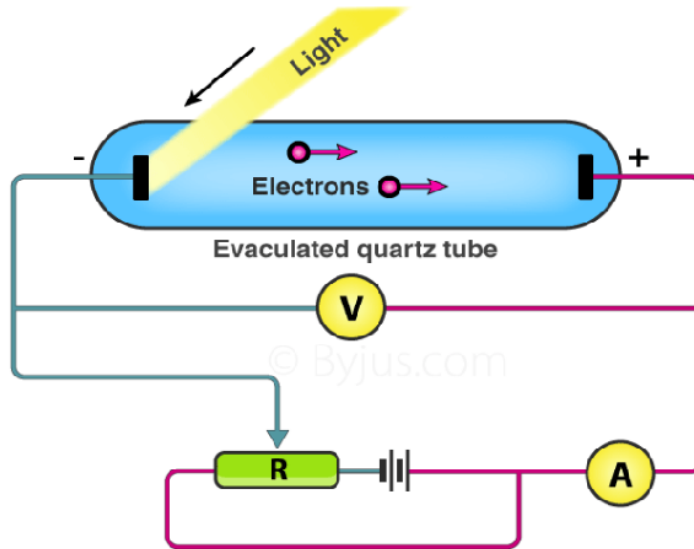


ФОТОЭФФЕКТИЙН ҮЗЭГДЭЛ PHOTOELECTRIC EFFECT

PHOTOELECTRIC EFFECT



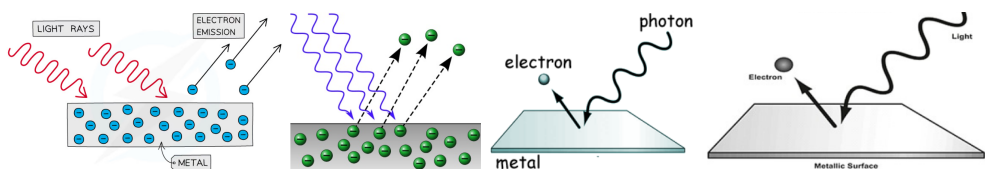
Гэрэл нэг талаас долгиолог, нөгөө талаас бөөмлөг шинж чанартай. Үүнийг гэрлийн хоёрдмол чанар гэнэ.

Гэрэл нь фотон гэж нэрлэгдэх бөөмсийн урсгал юм

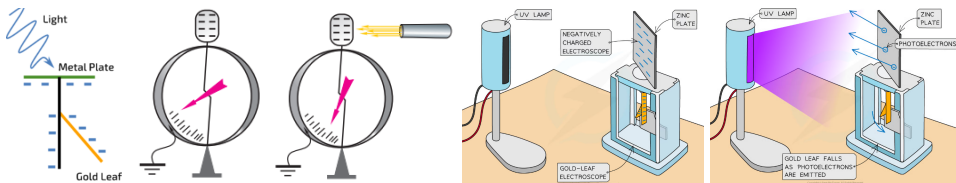
Макс Планк 1900 онд хэрэв цахилгаан соронзон цацралын энерги нь давтамжтай пропорционал багц багцаар буюу квант квантаар цацрах болон шингээнэ гэсэн классик физикийн хувьд байж боломгүй ер бусын таамаглал дэвшүүлсэн.

Гэрлийг цацруулах ба шингээх процесс тасралттай явагдах тухай Планкийн санааг 1905 онд Эйнштейн хөгжүүлж, гэрэл бол огторгуйд квант байдлаар тардаг гэсэн дүгнэлт хийсэн.

Металлын гадаргуу дээр гэрэл тусгахад гэрлийн үйлчлэлээр металаас электрон сугаран гарах үзэгдлийг фотоэффектийн үзэгдэл гэдэг. Сугарсан электронуудыг фотоэлектрон гэнэ.



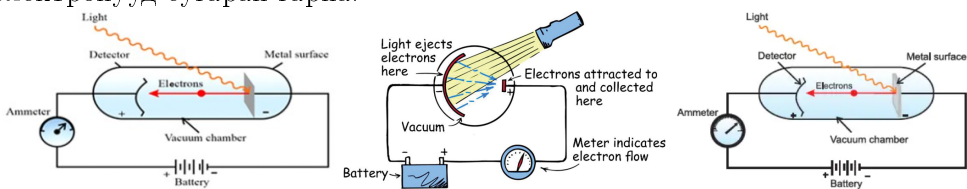
Фотоэффектийн үзэгдлийг дараах туршлагаар илрүүлж болно. Электромтр аваад түүн дээр сайтар өнгөлсөн цайр хавтгайг тогтооё. Хэрэв цайр хавтгайг сөрөг цэнэгээр цэнэглэн мөнгөн усны чийдэнгээс цацрах гэрлээр гэрэлтүүлбэл тэр даруй цэнэгээ алдахыг электроскоп заана. Энэ нь цайр хавтгай дээр туссан гэрлийн үйлчлэлээр түүнээс электронууд сугаран гарах фотоэффектийн үзэгдлээр тайлбарлагдана.



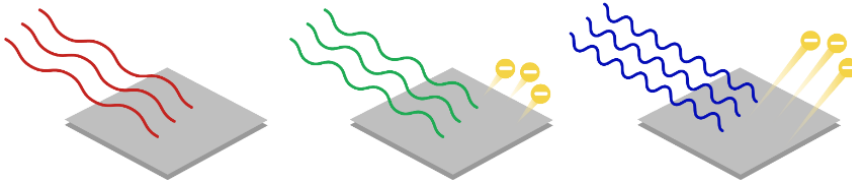
Хэрэв гэрлийн замд шил тавивал цайр хавтгай цэнэгээ алдаагүйг электромтр заана. Шил нь ультра ягаан цацрагийг шингээдэг. Иймд фотоэффектийн үзэгдэл ультра ягаан цацрагийн үйлчлэлээр явагдана.

Фотоэффектийн үзэгдлийг анх эрдэмтэн Герц нээсэн бөгөөд Оросын эрдэмтэн А.Г.Столетов нарийвчлан судалж хуулиудыг нь нээв. А.Г.Столетов 2 электродтой вакуум шил хоолойг туршлагандаа ашиглав. Түүнийг тогтмол гүйдэл үүсгэгч, потенциомтр, гальваномтртэй холбожээ. Гүйдэл үүсгэгчийн сөрөг үүсгэгчтэй холбосон электродыг катод, эерэг туйлтай холбосон электродыг анод гэнэ.

Кварц цонхоор катодын гадаргуу дээр гэрэл тусгана. Кварц нь ультра ягаан цацрагийг шингээдэггүй тунгалаг талст. Туссан гэрлийн үйлчлэлээр металл электродын гадаргуугаас фотоэффектийн үзэгдэл ёсоор электронууд сугаран гарна.



Металлаас сугаран гарах фотоэлектроны хурд тусаж буй гэрлийн давтамж болон металлын төрлөөс хамаарна.



Фотон гэдэг нь гэрлийг бүрдүүлэгч хэсэг буюу квант юм. Нэг фотоны энерги

$$E = h\nu$$

Планкийн тогтмол $h = 6.62 \cdot 10^{-34} \text{Ж} \cdot \text{с}$

Энерги хадгалагдах хууль ёсоор фотоны энерги нь металл болон электроны холбоосыг таслах ажил ба фотоэлектроны кинетик энергид зарцуулагдана.

$$E = A_{\Gamma} + E_{\text{К}}$$

$$h\nu = A_{\Gamma} + \frac{mv^2}{2}$$

Үүнийг Эйнштейны тэгшитгэл гэнэ.

Металлаас электрон сугаран гарахад зарцуулж буй ажил A_{Γ} -г электрон гаралтын ажил гэнэ. Металл бүрийн хувьд энэ ажил өөр өөр байдаг. Хэрэв Эйнштейний тэгшитгэлд $v = 0$ буюу атомаас зөвхөн электроныг сугалаад орхивол $h\nu_0 = A_{\Gamma}$ болох ба

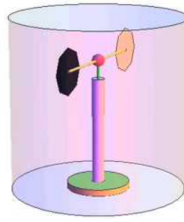
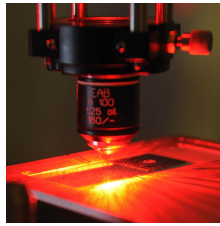
$$\lambda_0 = \frac{hc}{A_{\Gamma}}$$

Үүнийг фотоэффектийн **улаан хил** гэж нэрлэдэг.

Энд ν_0 , λ_0 -г улаан хилийн долгионы давтамж, долгионы урт гэж нэрлэдэг.

Гэрэл бөөм гэдгийг батлах өөр нэг туршилтыг П.Н.Лебедев хийсэн нь гэрэл даралт учруулдаг гэдгийг харуулсан төдийгүй хатуу биед учруулах гэрлийн даралтыг хэмжсэн явдал юм.

Pyotr Nikolaevich Lebedev



Гэрэл нь фотон хэмээх бөөмсийн урсгал учраас масс болон хөдөлгөөний тоо хэмжээтэй байна.

Эйнштейны боловсруулсан харьцангуй онол ёсоор энерги масстайгаа

$$E = mc^2$$

хамааралтай байна. Энэ томъёог фотоны энергийн $E = h\nu$ -тэй тэнцүүлж массыг олбол:

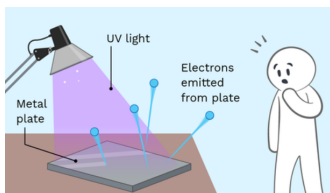
$$m = \frac{h\nu}{c^2}$$

Фотоны тайвны масс гэж байдаггүй. Өөрөөр хэлбэл, фотон нь тайван байдалд оршдоггүй, үүсмэгц гэрлийн хурдаар хөдөлдөг онцгой бөөм юм.

Фотоны хөдөлгөөний тоо хэмжээг олбол: $p = mc = \frac{h\nu}{c}$

Жишээ: Зэсийн электрон гаралтын ажил нь 4.4 эВ байдаг. Ямар энергитэй фотоны урсгалыг зэсийн гадаргуу дээр тусгахад түүнээс сугарч гарах электроны хамгийн их кинетик энерги нь 5.2эВ байх вэ.

БОДОЛТ: Энерги хадгалагдах хууль ёсоор фотоны энерги нь металл болон электроны холбоосыг таслах ажил ба фотоэлектроны кинетик энергид зарцуулагдана.



Эйнштейны тэгшитгэлээр:

$$E = A_{\Gamma} + E_{\text{K}}$$

Тоон холбогдлыг орлуулбал:

$$E = 4.4\text{эВ} + 5, 2\text{эВ} = 9.6\text{эВ}$$

Жишээ: Хэрэв электроны гаралтын ажил $A_{\Gamma} = 6 \cdot 10^{-19}$ Ж байвал хөнгөн цагааны хувьд фотоэффектийн үзэгдэл эхлэн явагдах улаан хил ямар байх вэ.

БОДОЛТ: Фотоэффектийн үзэгдэл үүсэх гол нөхцөл бол фотоны энерги нь Энерги хадгалагдах хууль ёсоор фотоны энерги нь гаралтын ажилтай тэнцүү эсвэл түүнээс их байх ёстой. Үүнийг томъёогоор бичвэл:

$$A_{\Gamma} = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\text{Эндээс } \lambda_0 = \frac{hc}{A_{\Gamma}}$$

Тоон холбогдлыг орлуулбал: $\lambda_0 = 3.3 \cdot 10^{-7}$ м болно. Энэ нь хэт ягаан цацралын урт.

ДАСГАЛ БОДЛОГО

1. Цезийн гаралтын ажил нь 1.95эВ байдаг. Ямар энергитэй фотоны урсгалыг цезийн гадаргуу дээр тусгахад түүнээс сугарч гарах электроны хамгийн их кинетик энерги нь 5.25эВ байх вэ.
2. Металлын гаралтын ажил 3эВ бол улаан хилийн долгионы уртыг ол.
3. 500нм долгионы урт бүхий гэрлийн фотоны хөдөлгөөний тоо хэмжээ ба массыг тус тус тодорхойлно уу.
4. Цезийн дээр туссан гэрлийн долгионы энерги ямар хэмжээтэй байхад сугарч гарах фотоэлектроны кинетик энерги $1.8 \cdot 10^{-19}$ Ж байх вэ. $9.3 \cdot 10^{-20}$ Ж Цезийн гаралтын ажил $3.42 \cdot 10^{-19}$ Ж болно.
5. Цайрыг 300нм урттай гэрлийн долгионоор гэрэлтүүлэхэд сугарч гарах электроны хурд ямар байх вэ? Цайрын гаралтын ажил $5.98 \cdot 10^{-19}$ Ж болно.
6. Металлын гаралтын ажил $7.3 \cdot 10^{-19}$ Ж болно. Энэ металл дээр ямар давтамжтай гэрэл тусгахад сугарч гарах электроны хурд 3000км/с байх вэ.