

Fizika

1
kurs

MAZU: Atom fizikasi bo'limiga doir masalalar yechish

O'qituvchi:

“TIQXMMI” MTU FIZIKA va KIMYO KAFEDRASI

fizika fani o'qituvchisi O'rinbayev Sharofiddin Maksudovich

Yorug'lik kvanti (fotoni) ning energiyasi quydagi formula bilan aniqlanadi:

$$\epsilon = h\nu.$$

bunda $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ – Plank domiysi va ν - tebranish chastotasi.

Fotonning harakat miqdori

$$P_{\phi} = \frac{h\nu}{c}$$

foton massasi

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

bunda c - yorug'likning bo'shliqdagi tezligi.

Tashqi fotoeffektни vujudga keltiruvchi foton energiyasi bilan uchib chiqayotgan elektronlarning maksimal kinetik energiyasi o'rtasidagi bog'lanish Eynshteyn formulasi bilan beriladi:

$$h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}$$

bunda A - metall dan elektronning chiqish ishi m – elektron massasi. Agar $\nu = 0$ bo'lsa, $h\nu_0 = A$, bu yerda ν_0 - fotoeffektning qizil chegarasiga muvofiq keluvchi chastota.

Yorug'lik bosimining miqdori

$$\rho = \frac{E}{c}(1 + \rho),$$

bunda E –birlik sirtga vaqt birligida tushuvchi energiya miqdori, ρ - yorug'likning qaytish koeffitsiyenti.

Kompton hodisasidagi rentgen nurlari to'lqin uzunliklarining o'zarishi quidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\Delta\lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\varphi)$$

bunda φ - sochilish burchagi va m - elektron massasi.

Elementar zarrachalar dastasi zarracha siljishi yo'nalishida tarqaluvchi yassi to'lqin xossasiga ega. Bu dastaning λ to'lqin uzunligi de Broyl nisbati bilan aniqlanadi:

$$\lambda = \frac{h}{m\nu} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m}}$$

bunda v - zarrachalar tezligi, m - zarrachalar massasi va W_k – ularning kinetik energiyasi. Agar zarrachalarning v tezligi yorug'lik tezligi c bilan o'lchovdosh bo'lsa, u holda yoqoridagi formula quyidagi ko'rinishni oladi:

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v} \sqrt{1 - \beta^2} = \frac{h}{\sqrt{2W_k m_0 + \frac{W_k^2}{c^2}}}$$

bunda $\beta = \frac{v}{c}$ va m_0 - zarrachaning tinch holatidagi massasi.

19.1. 1) Qizil yorug'lik nurlari ($\lambda=7 \cdot 10^5 \text{ sm}$), 2) rentgen nurlari ($\lambda=0,25 \text{ \AA}$) va 3) gamma – nurlari ($\lambda=1,24 \cdot 10^{-2} \text{ \AA}$) fotonining massasini toping.

19.2. Fotonga muvofiq keladigan to'lqin uzunlik $0,016 \text{ \AA}$ bo'lsa, uning energiyasi, massasi va harakat miqdorini toping.

19.3. Simob yoyining quvvat 125 Vt . Quyidagi to'lqin uzunlikka ega nurlanishdan har sekunda necha kvant yorug'lik chiqadi: 1) $\lambda=6123 \text{ \AA}$, 2) $\lambda=5791 \text{ \AA}$, 3) $\lambda=5461 \text{ \AA}$, 4) $\lambda=4047 \text{ \AA}$ 5) $\lambda=3655 \text{ \AA}$ 6) $\lambda=2537 \text{ \AA}$? Bu chiziqlarning intensivligi mos holda 1) 2%, 2) 4%, 3) 4%, 4) 2,9%, 5) 2,5% va 6) 4% ga teng. 80 % quvvat nurlanishga ketadi deb hisoblansin.



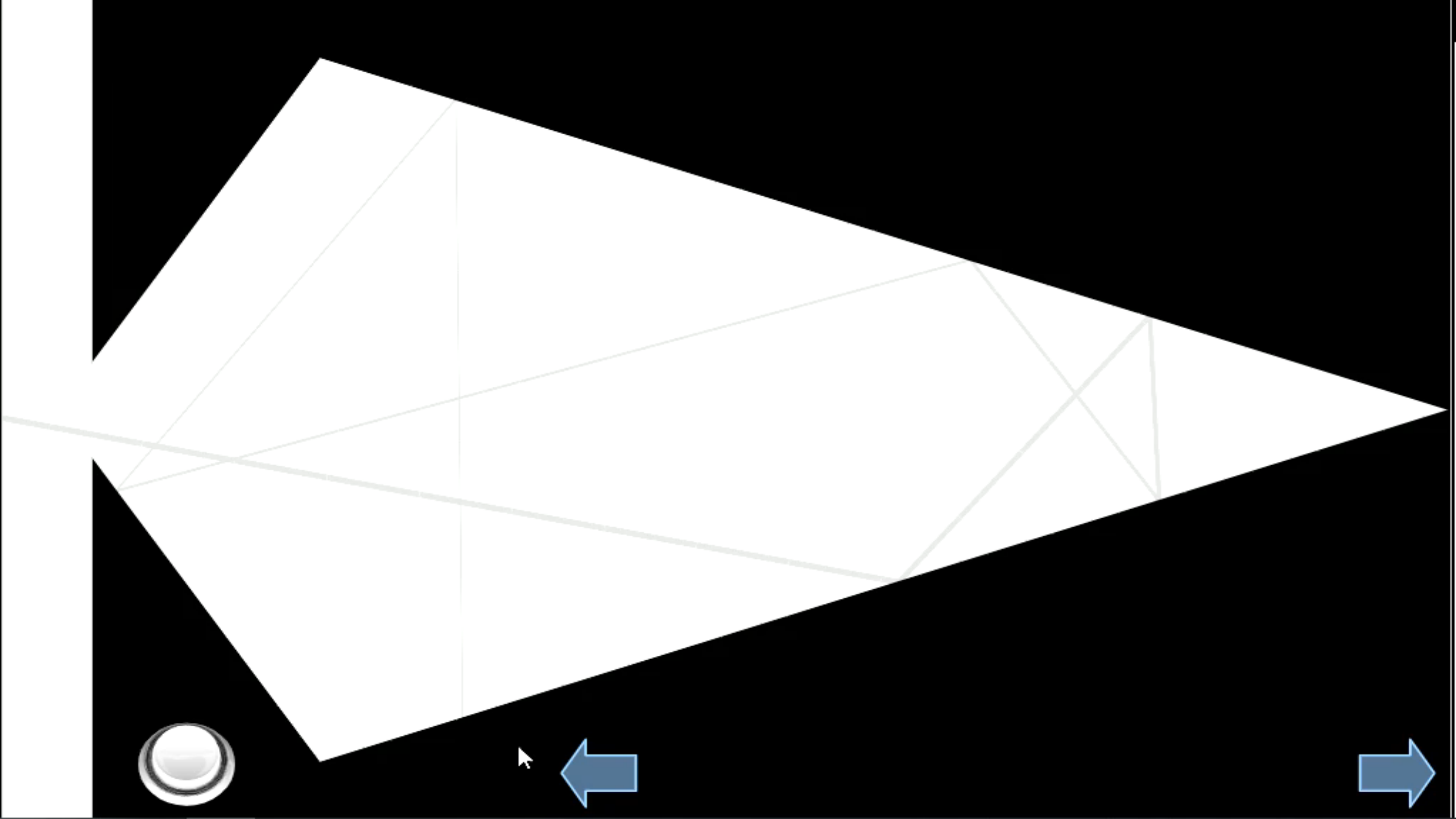
$\Phi = 1370 \text{ lm}$

2 700 K



www.vascak.cz
vascak.vladimir@mmmf.cz

XIX asrning oxiri va XX asrning boshlariga kelib, klassik fizika asosida tushuntirib bo'lmaydigan bir qator tajriba ma'lumotlari to'plandi, bular fotoeffekt, rentgen nurlari, radioaktivlik va boshqalar. Ularni ikki guruhga ajratish mumkin. Birinchi guruh hodisalar yorug'lik va mikrozarralarning korpuskulyar-to'lqin dualizmi bilan bog'liq bo'lsa, ikkinchi guruh esa, klassik tasavvurlar asosida turg'un atomlar mavjudligini va ularning spektrlaridagi qonuniyatlarini tushuntirib bo'lmasligi bilan bog'liq edi. Ushbu ikki guruh hodisalar orasidagi bog'lanishni topish va ularni yagona nuqtai nazardan tushuntira oladigan nazariya yaratishga bo'lgan urinishlar, oxir-oqibatda fizikada ***kvant nazariyasining*** paydo bo'lishiga olib keldi.



Kvant fizikasining yuzaga kelishida M.Plank, A.Eynshteyn, A.G.Stoletov, E.Rezerford, N.Bor, I.V.Kurchatov, N.G.Basov, A.M.Proxorov, Ch.Tauns kabi olimlarning o'rne kattadir.

Yorug'likning kvant tabiati tushunchasini kiritishdan oldin issiqlik nurlanishi qonunlarini tushuntirishda Maksvell elektrodinamikasining qiyinchiliklari son jihatdan tahlil qilinadi.

Issiqlikdan nurlanayotgan jism o'zining issiqligini atrofdagi jismlar va muhitga berib, termodinamik muvozanat ya'ni temperaturalarning tenglashishiga olib kelishi kerak edi. Bu termodinamikaning asosiy tamoyili hisoblanadi. Lekin, nurlanayotgan jism masalan, Quyosh temperaturasi 6000 K bo'lsa bunday hodisa ro'y bermaydi. Shuningdek, nurlanayotgan energiya barcha to'lqin uzunliklarda har xil bo'lib, aniq temperaturaga bog'liq bo'lmagan taqsimot qonuniga bo'ysunadi. Ya'ni har bir to'lqin uzunligiga to'g'ri kelgan nurlanish energiyasining ulushi har xil ekan. Bu bog'lanishda maksimal nurlanish energiyasining maksimumi temperaturaga bog'liq bo'lib, Vin siljish qonuni bo'yicha o'zgaradi.

$$\lambda_m T = b$$

Bu yerda: λ_m , T temperaturadagi nurlanayotgan energiya maksimumiga to'g'ri keluvchi to'lqin uzunligi, b – *Vin doimiysi* bo'lib, $b = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{m}\cdot\text{K}$ ga teng.

Vin siljish qonuni:

Jism nurlanishining maksimumga to'g'ri keluvchi to'lqin uzunligi, λ_m absolut temperaturaga teskari proporsionaldir.

$$\lambda_m = \frac{b}{T}$$

Maksvell nazariyasi faqat uzun to'lqinlardagina mavjud taqsimotni tushuntirib berdi, qisqa to'lqinlar uchun tajriba natijalariga va amaliyotga zid keldi.

Bu muammolarni hal qilishda nemis olimi M.Plank yangi – klassik fizikaga zid g'oyani ilgari surdi. U qizdirilgan jismning nurlanishi va yutishi uzluksiz ro'y bermasdan, balki alohida porsiya-porsiyalarda(kvantlarda) ro'y beradi deb faraz qildi. **Kvant** – bu jismning yutilish yoki nurlanish energiyasining minimal qismidir.

Plank nazariyasiga ko'ra, kvant energiyasi yorug'lik chastotasiga to'g'ri proporsional:

$$E = h\nu$$

bu yerda: **h**– **Plank doimiysi bo'lib, $h=6,626 \cdot 10^{-34}$ J·s** ga teng. Plank jismning nurlanishi va yorug'likni yutishi uzlukli bo'ladi deb, nurlanish energiyasini to'lqin uzunligi bo'yicha taqsimot qonunini yaratdi.

Bu haqida M.Plank 1900-yil 14-dekabr kuni Berlin fizika institutining majlisida nutq so'zladi va shu kun zamonaviy fizikaga asos solingan kun sifatida tarixga kirdi.

$$B_f(T) = \frac{2hf^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{hf}{kT}} - 1}$$



3968 K



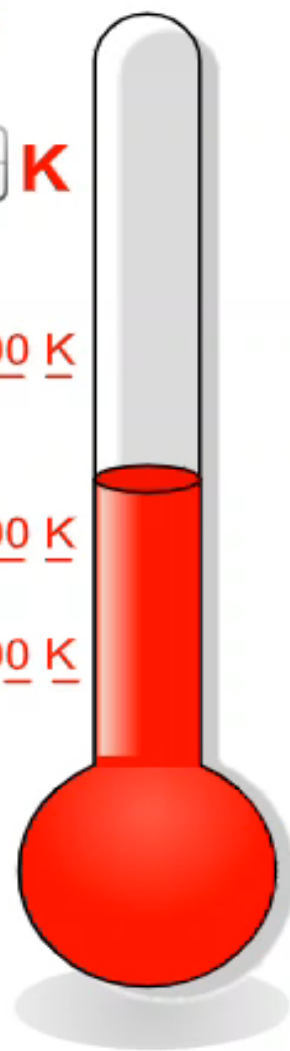
5 500 K



2 800 K



1 000 K



0

1.0

2.0

μm 3.0

Kvant fizikasi uch qismga bo'lib o'rganiladi:

1. Kvant optikasi elementlari;
2. Atom va atom yadrosi;
3. Yadro energetikasi.

Kvant fizikasi zamonaviy ilmiy-texnik revolyutsiyani amalga oshirishda ham alohida o‘rin tutadi. Jumladan, yapon fizigi Esaki tomonidan “tunel effekti” ni yarimo‘tkazgichlarda qo‘llanishi tranzistorlarning paydo bo‘lishiga olib keldi, bu esa radioelektronikadagi revolyutsiyani amalga oshirdi. Hozirgi kunda nanotexnologiyaning rivojlanishida ham kvant mexanika alohida o‘rin tutadi. Jumladan, xossalari oldindan ma‘lum bo‘lgan moddalarni hosil qilishga yaqqol misol qilib 2010 yili Nobel mukofotiga sazovor bo‘lgan Geym va Novosyolovlar tomonidan kashf qilingan “grafen” ni ko‘rsatish mumkin. U o‘ta mustahkam bo‘lib, yuqori elektr o‘tkazuvchanlikka ega, bu esa kelajakda ilmiy-texnik taraqqiyotni yanada rivojlantirishga xizmat qiladi.

1-masala

To'lqin uzunligi $3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ga to'g'ri keluvchi yorug'lik nuri kvantining energiyasini aniqlang.

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Berilgan:

$$\lambda = 3 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Topish kerak: E—?

Formula:

$$E = h\nu$$

$$c = \lambda\nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Yechish:
$$E = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{3 \cdot 10^{-7} \text{ m}} = 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Javob:
$$E = 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

2-masala

Energiyasi E ga teng bo'lgan fotonning to'lqin uzunligi nimaga teng? Yorug'lik tezigi c ga teng.

Berilgan:

$E; h; c;$

Topish kerak: λ —?

Formula:

$$E = h\nu$$

$$c = \lambda\nu \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Javob: $\lambda = \frac{hc}{E}$

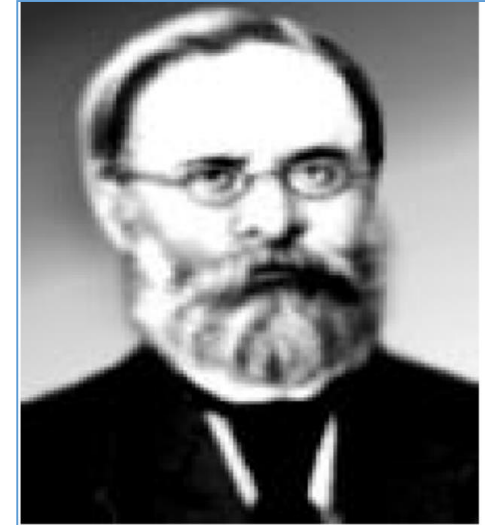
Fotoelektrik effekt

Fotoelektrik effekt yoki qisqacha – fotoeffekt 1887-yilda H. Hertz tomonidan kashf qilinib, tajribada rus olimi A. Stoletov tomonidan har tomonlama tadqiq qilingan.

Fotoeffekt 2 ga bo‘linadi: ***ichki va tashqi fotoeffekt.***

Tashqi fotoeffekt – bu moddadan yorug‘lik ta‘sirida elektronlarning chiqarilishi.

Ichki fotoeffekt – bu yarimo‘tkazgichlarga nur ta‘sir etishi natijasida unda erkin zaryad tashuvchilarning ya‘ni erkin elektronlarning hosil bo‘lishi. Ichki fotoeffekt 1908-yilda A. Ioffe tomonidan o‘rganilgan.



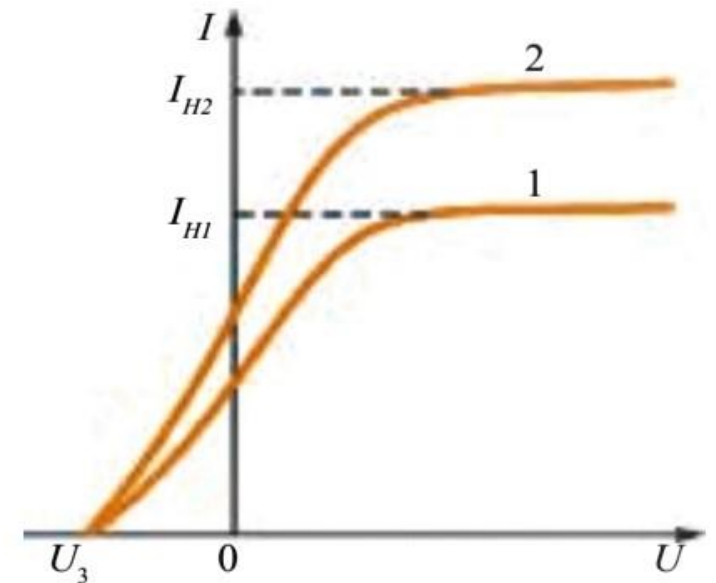
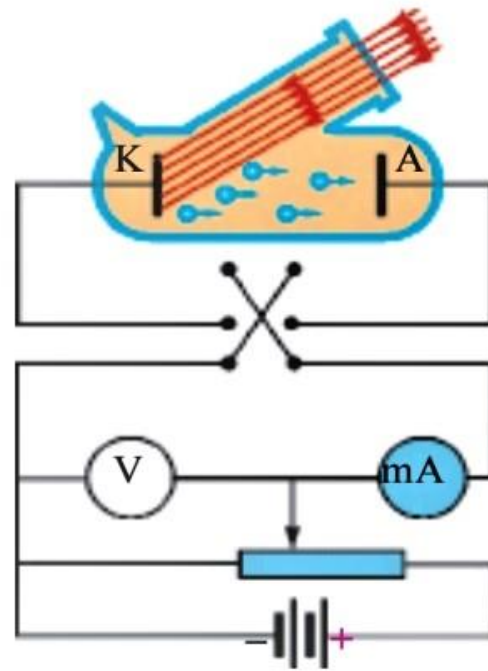
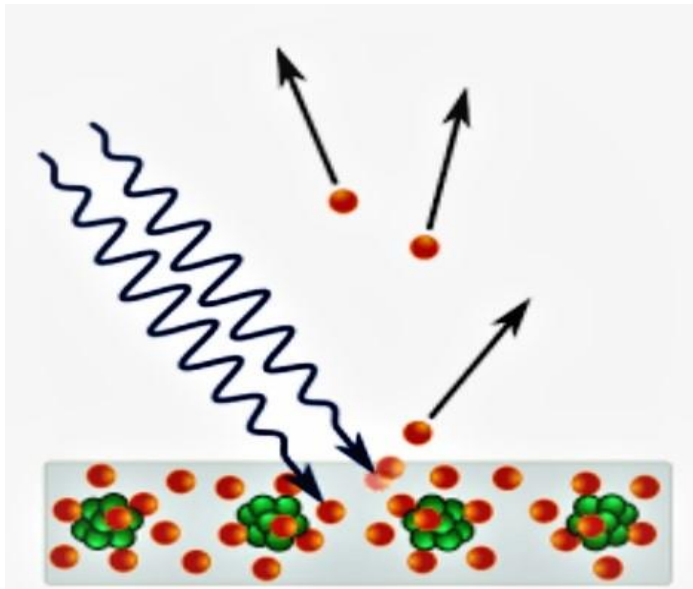
A. G. STOLETOV



A. F. IOFFE

Tajribalar

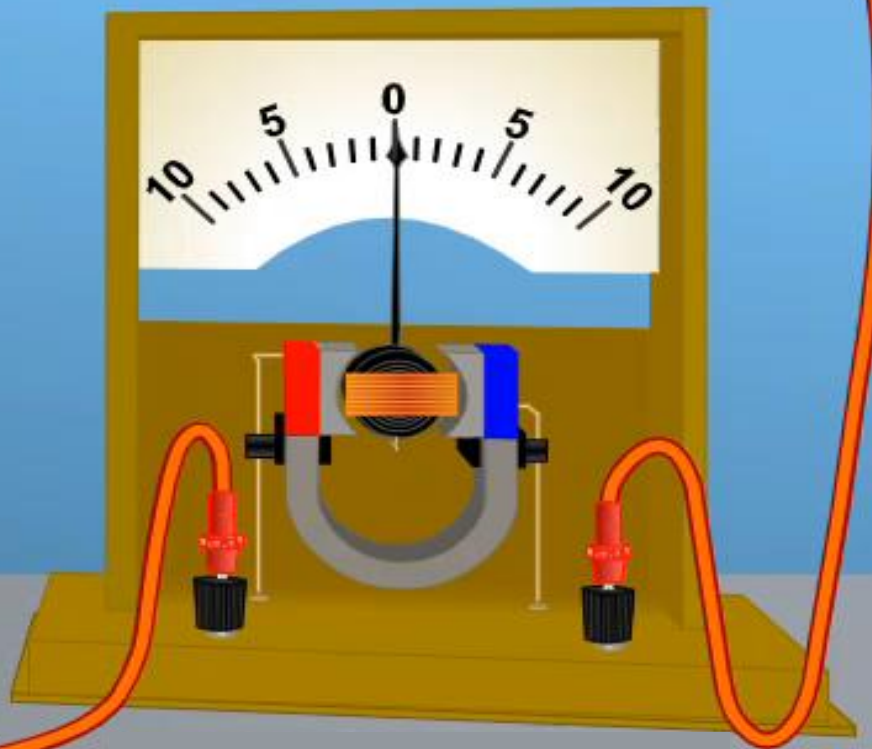
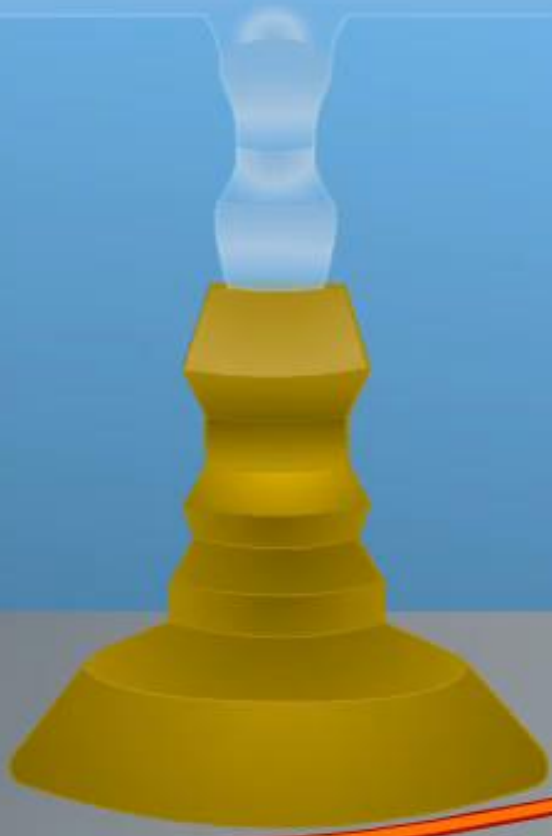
Fotoeffekt hodisasini o'rganuvchi eksperiment qurilmasining sxematik ko'rinishi.



Cs 642 nm ▼

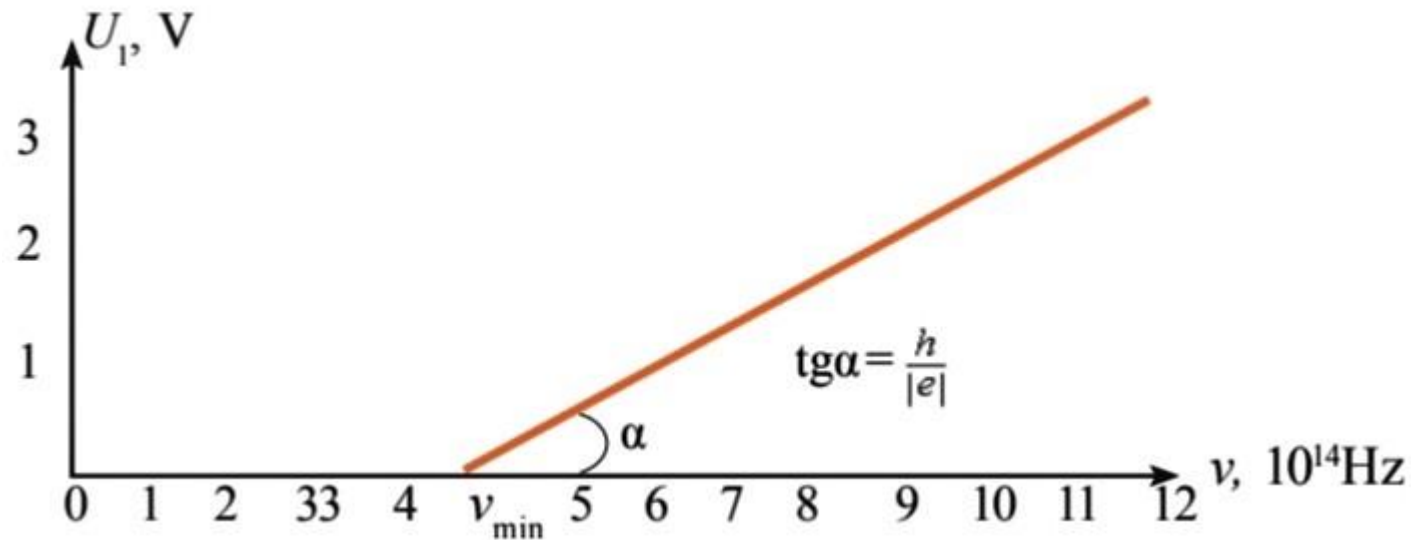
$\lambda = 781 \text{ nm}$ $f = 384 \text{ THz}$

80 % ▲▼



$$E_{k \max} = \frac{m v_{\max}^2}{2} = e U_{yop}$$

F. Lenard o'z tajribalarida ko'rsatganday, U_{yop} –yopuvchi potensial tushayotgan nurning intensivligiga (yorug'lik oqimiga) bog'liq bo'lmasdan, tushayotgan nurning chastotasiga chiziqli bog'liq ekanligini ko'rsatadi.



Fotoeffekt qonunlari

1. Fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasi yorug'lik oqimi (intensivligiga) bog'liq emas va tushuvchi nurning chastotasi ν ga chiziqli bog'liq (**ν ortishi bilan I chiziqli ortadi**).
2. Har bir modda uchun fotoeffekt ro'y beradigan minimal chastota ν_{min} mavjud va **bu fotoeffektning qizil chegarasi** deyiladi.
3. Katoddan vaqt birligida chiqayotgan fotoelektronlar soni katodga tushayotgan **yorug'lik oqimi (intensivligiga) to'g'ri proporsional**, chastotasiga bog'liq emas.

Fotoeffekt nazariyasi

Fotoeffekt nazariyasi 1905-yilda A. Eynshteyn tomonidan asoslab berildi. U M.Plank gipotezasidan foydalanib, elektromagnit to'liqlar ham alohida porsiyalar – kvantlardan iborat degan xulosaga keladi. Ular keyinchalik fotonlar deb ataladi.

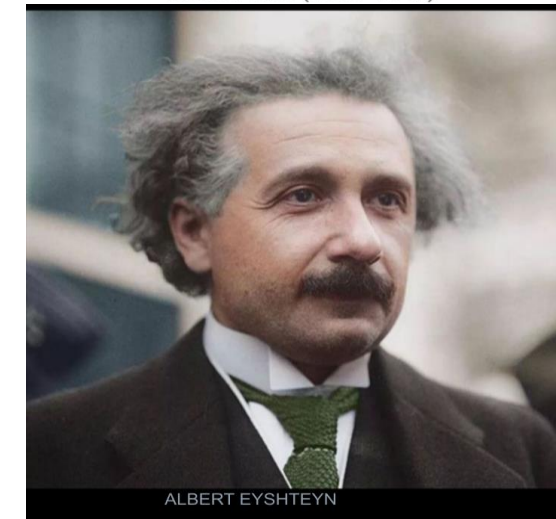
$$h\nu = A + \frac{m\vartheta^2}{2}$$

$$\left(\frac{m\vartheta^2}{2}\right)_{max} = eU_{yop}$$

$$h\nu = A + eU_{yop}$$



Maks Plank (1858-1947)



ALBERT EYSHTEYN

Eynshteynning fotoeffekt uchun tenglamasi fotoeffekt hodisasi uchun energiyaning saqlanish qonunini ifodalaydi, shuningdek, fotoeffekt qonunlarini isbotlab beradi:

a) fotoelektronlarning maksimal kinetik energiyasini tushuvchi nurning chastotasiga chiziqli bog'liqligi va tushuvchi nurning intensivligiga (oqimiga) bog'liq emasligi;

b) fotoeffektning qizil chegarasi mavjudligi, ya'ni:

$$h\nu_{min} = A$$

c) fotoeffektning inersiyasizligini tushuntirib berdi. Eynshteyn tenglamasiga asosan, 1 s da yuzadan chiqayotgan fotoelektronlar soni shu yuzaga tushuvchi fotonlar soniga proporsional bo'ladi.

U_{yop} – yopuvchi potensialning chastotaga bog‘lanish grafigi qiyaligi
 $tg\alpha$ – Plank doimiysini elektron zaryadiga nisbatiga teng, ya’ni

$$tg\alpha = \frac{h}{|e|}$$

Bu nisbat Plank doimiysini tajribada aniqlash imkonini beradi. Bunday tajriba 1914-yili R.Milliken tomonidan o‘tkazilib, Plank doimiysi aniqlangan.

$$A = h\nu_{min} = \frac{hc}{\lambda_0} ; \quad (1eV=1,6 \cdot 10^{-19}J) ; \quad h = 4,136 \cdot 10^{-15} eV \cdot s$$

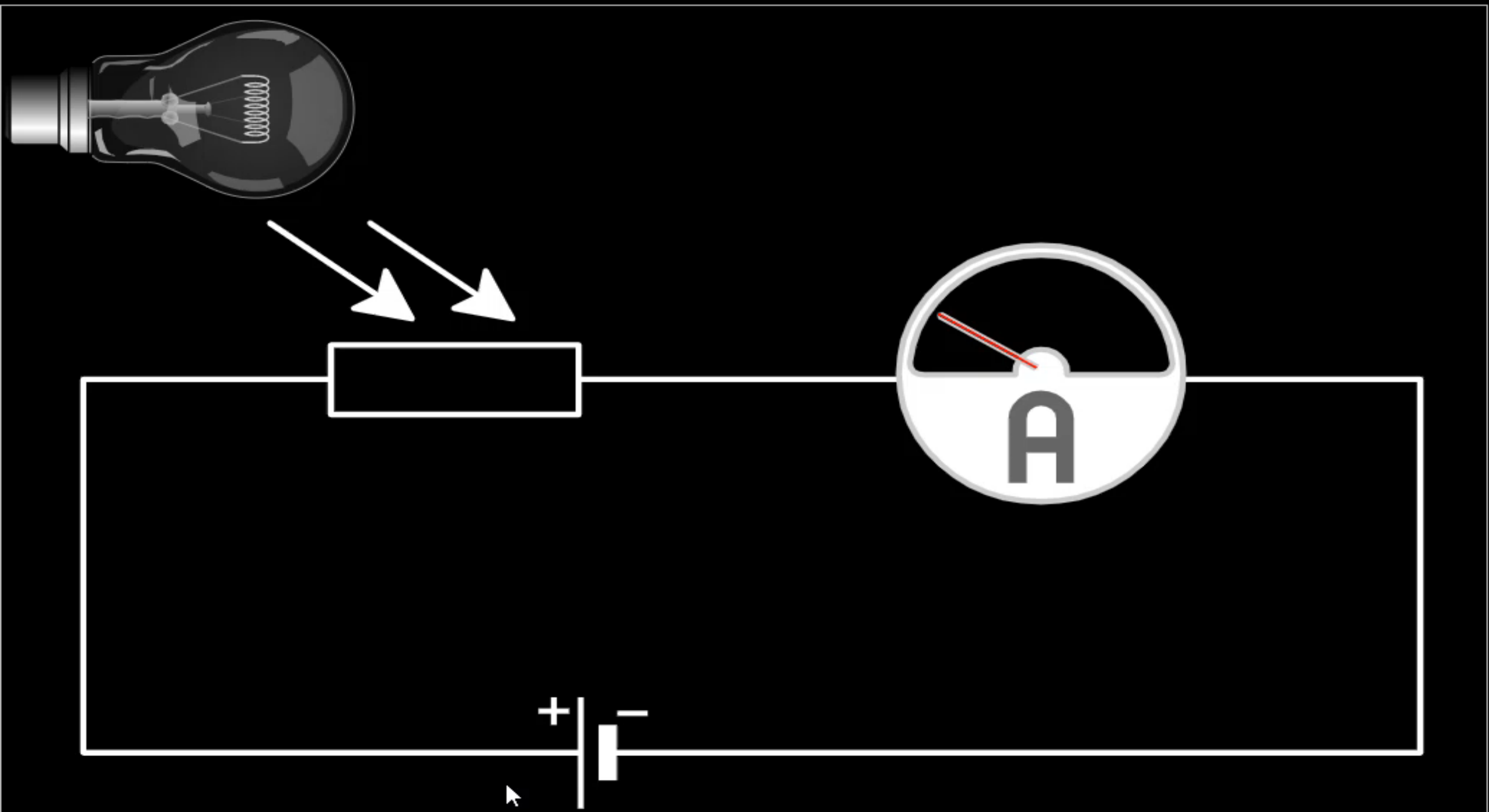
Metallar ichida ishqoriy metallar: **Na, K, Cs, Rb** kabilar kichik chiqish ishiga ega.

Ichki fotoeffekt

Yarimo'tkazgichlarga nur ta'sir etishi natijasida unda erkin zaryad tashuvchilarning hosil bo'lishiga **ichki fotoeffekt** deyiladi.

Nur ta'sir ettirilishi natijasida o'tkazgichlarda hosil qilingan qo'shimcha elektr o'tkazuvchanlik – fotoo'tkazuvchanlik deyiladi. Bu esa *fotoqarshiliklarni* ishlab chiqarishda qo'llaniladi. **Fotoqarshilik** – bu o'tkazuvchanligi yorug'lik ta'sirida o'zgaradigan qarshiliklar bo'lib, uni radiotexnikada **fotorezistorlar** deb ataladi.

Fotoo'tkazuvchanlik ro'y berishi uchun fotonning energiyasi man qilingan zonaning energiyasidan katta bo'lmog'i kerak. Aks holda, fotonning energiyasini olgan elektron, man qilingan zonadan sakrab o'tolmaydi va, demak ichki fotoeffekt hodisasi ro'y bermaydi.



Fotonlar

Kvant nazariyasiga ko'ra modda yorug'lik nurini yutishda va nurlashda yorug'lik o'zini zarralar oqimi kabi namoyon qiladi. Yorug'likning bu zarrasi yorug'lik kvantlari yoki **fotonlar** deyiladi.

$$E = h\nu; \quad m_0 = 0; \quad E = mc^2$$

$$h\nu = mc^2 \quad \text{dan} \quad m = \frac{h\nu}{c^2}$$

Ko'pincha foton energiyasi $h\nu$ ni chastota orqali emas balki, siklik chastota $\omega = 2\pi\nu$ orqali ifodalanadi.

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = 1,05 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Masala

Metaldan elektronning chiqish ishi $3,3 \cdot 10^{-19} \text{J}$ bo'lsa, fotoeffektning qizil chegarasi ν_0 ni toping.

Berilgan:

$$A = 3,3 \cdot 10^{-19} \text{J}$$

$$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$$

Topish kerak: ν_0 —?

Formula:

$$h\nu_0 = A$$

$$\nu_0 = \frac{A}{h}$$

Yechish: $\nu_0 = \frac{3,3 \cdot 10^{-19} \text{J}}{6,6 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}} = 5 \cdot 10^{14} \text{Hz}$

Javob: $\nu_0 = 5 \cdot 10^{14} \text{Hz}$

Yorug'lik bosimi

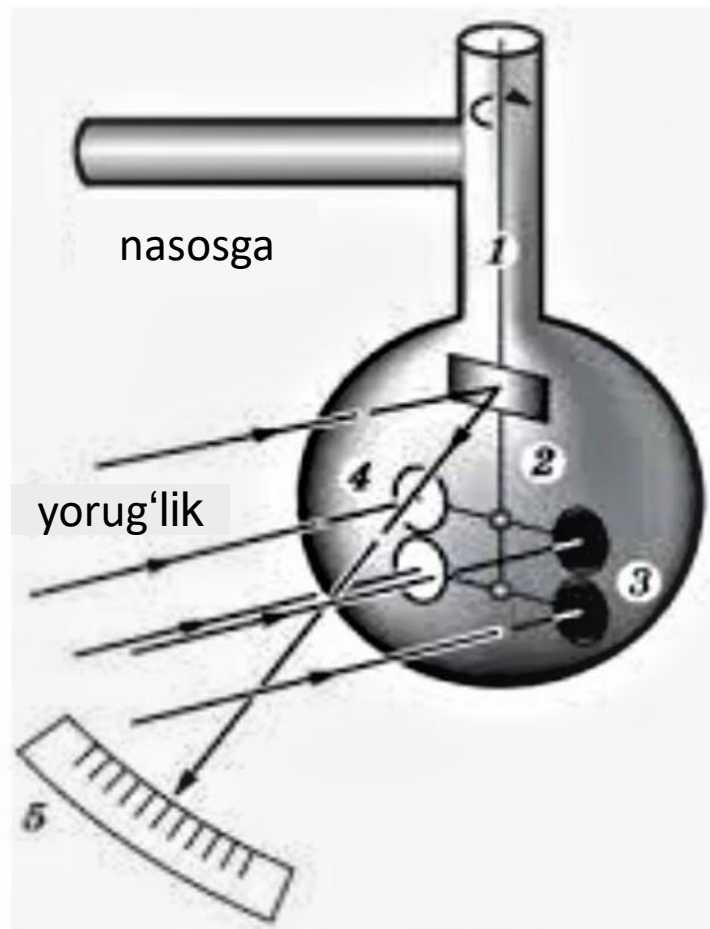
Foton doimiy harakatda bo'lganidan, u impulsiga ega bo'ladi.

$$p = mc \qquad \lambda = \frac{c}{\nu} \qquad p = \frac{h\nu}{c}$$

$$E = mc^2 = h\nu = pc \qquad p = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

Agar, jism yuzasiga fotonlar oqimi tushayotgan bo'lsa, u holda fotonlar shu yuzaga impuls beradi va yorug'lik bosimini vujudga keltiradi.

1900-yilda rus olimi P.N.Lebedev yorug'lik bosimini talribada o'lchadi.



Fotonning yuzaga urilish natijasidagi ta'sir kuchi

$$F_1 = \frac{\Delta(mc)}{\Delta t}$$

Agar N ta foton urilsa, $F_k = NF_1 = \frac{N\Delta(mc)}{\Delta t}$

Bu yerda $\Delta(mc)$ - foton impulsining o'zgarishi.

Agar yuza ideal yaltiroq bo'lsa, $\Delta(mc) = 2mc$

absolyut qora bo'lsa, $\Delta(mc) = mc$ ga teng.

Unda absolyut qora yuzaga berilgan bosim

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{N \Delta(mc)}{S \Delta t}$$

Agar yuza yaltiroq bo'lsa,

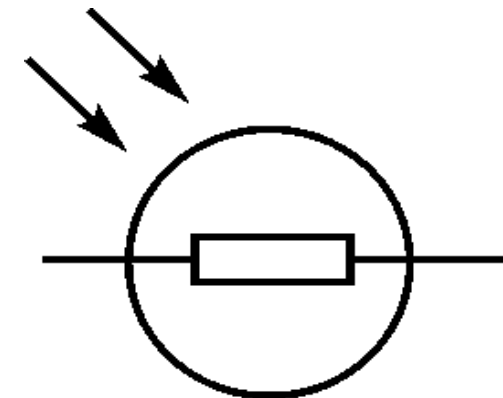
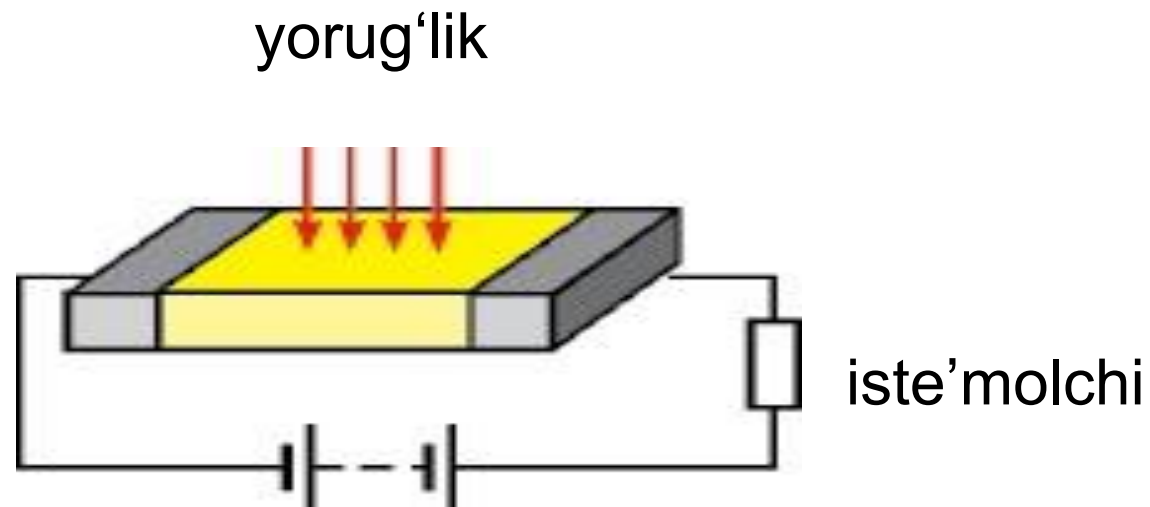
$$p_1 = \frac{N2mc}{S \Delta t}$$

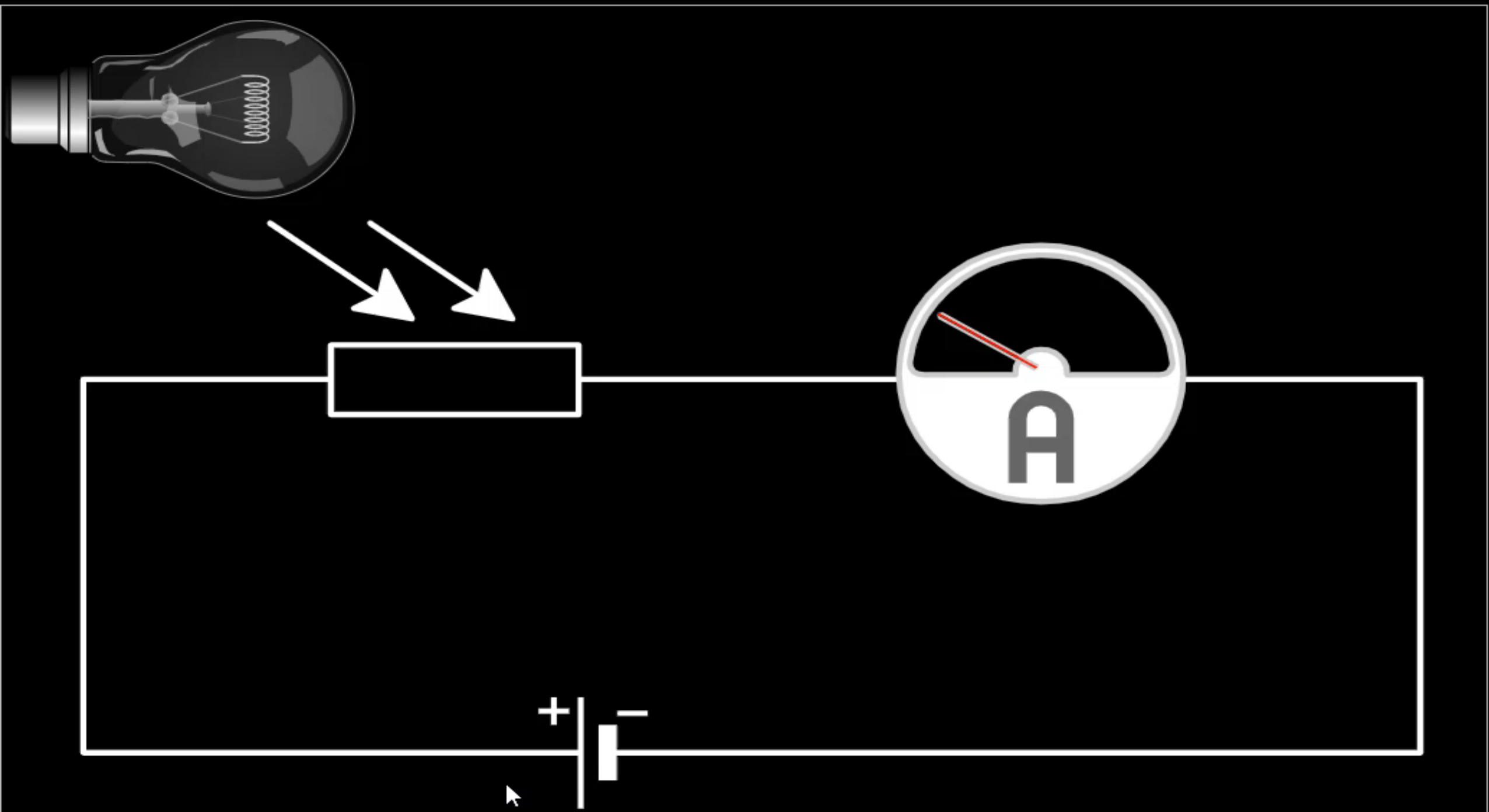
$$E = mc^2 ; \quad mc = \frac{E}{c} ; \quad p = \frac{NE}{cS \Delta t}$$

Bu yerda $\frac{NE}{S \Delta t} = I$ – yuza birligiga vaqt birligida tushuvchi yorug'lik (to'lqin) energiyasi yorug'lik (to'lqin) intensivligi deyiladi. $p = \frac{I}{c}$ Maksvell formulasi.

Fotoeffektning qo'llanilishi

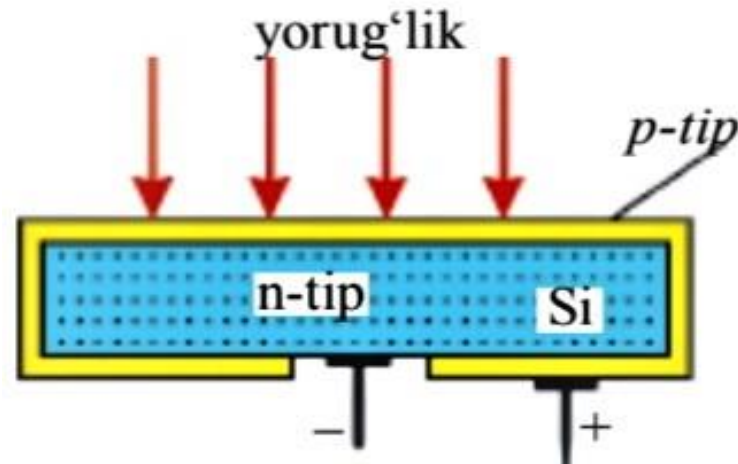
Fotoqarshilik – qarshiligi unga tushayotgan yorug'lik intensivligiga bog'liq bo'lgan qurilma. Fotoqarshilik tovushli kinoda, televedeniyada, telemexanikada, avtomexanikada signal (xabar) beruvchi vosita sifatida ishlatiladi. Uning sxematik ko'rinishi va shartli belgisi quyidagicha:



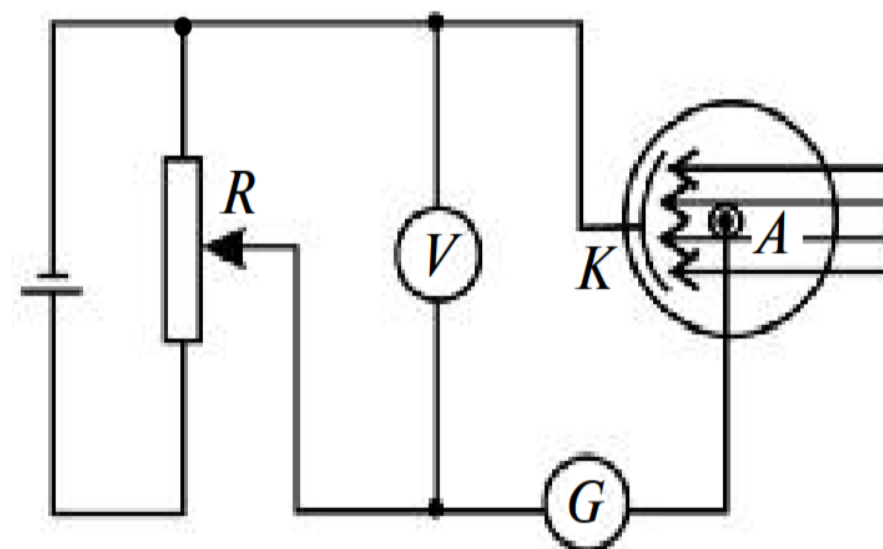


Quyosh batareyalari

Ichki fotoeffektga asoslangan ***p-n*** o'tishli yarimo'tkazgichli fotoelementlar yorug'lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda qo'llaniladi. Ular Quyosh batareyalari nomini olgan.



Fotoeffekt hodisasiga asoslanib ishlovchi qurilmalar – **fotoelementlar** deyiladi va texnikada juda keng qoʻllaniladi.



Tokni kuchaytirish, oshirish uchun unga ozroq gaz kiritiladi va uni **gazli fotoelement** deyiladi.

Fotoelement yordamida ishlovchi qurilmalardan yana biri bu – **fotorele**dir. Fotorele - yorug'lik tushganda yoki yorug'lik tushishi to'xtaganda ishlashi mumkin.

Fotorelelar avtomatik ravishda turli mexanizmlarni ishga tushuruvchi va nazorat qiluvchi qurilmalarning asosini tashkil qiladi.

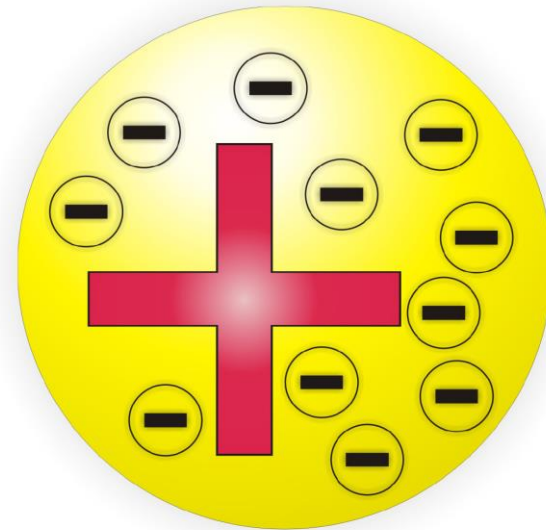
Bunga misol qilib, zamonaviy robotlarning sezish qurilmalaridan tortib, metrolarga kirishni nazorat qiluvchi qurilmalargacha, shahar ko'chalarining yoritish sistemasi, suv yo'llarini yoritish mayoqlaridan tortib, detallarning shakli va rangiga qarab ajratishgacha bo'lgan vazifalarni bajaruvchi qurilmalarni keltirishimiz mumkin.



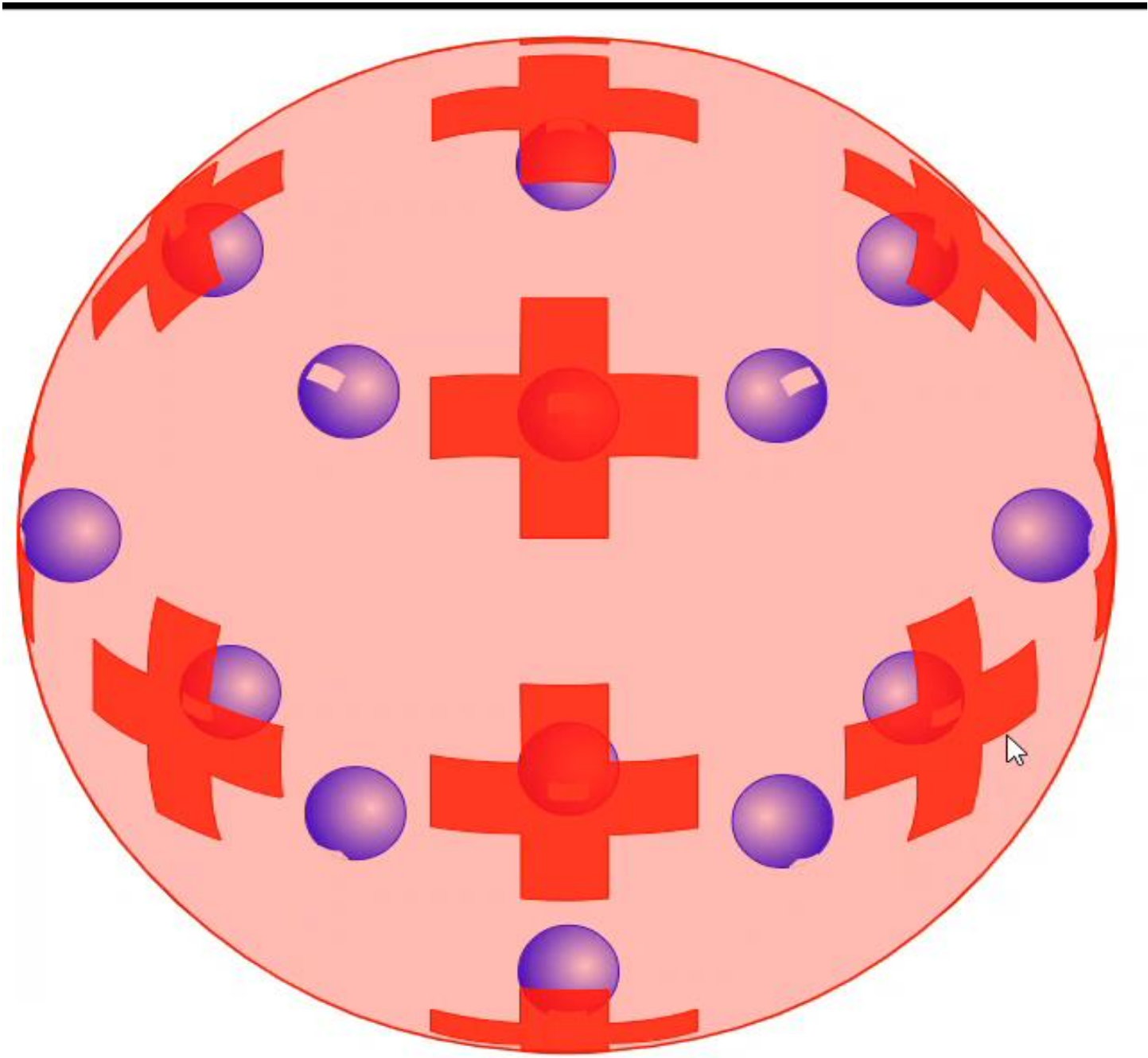
Fotoelement eng ko'p qo'llaniladigan sohalardan biri bu – **fototelegrafiya** ya'ni tasvirni simsiz uzatish. Bunga televideniya yaxshi misol bo'la oladi. Bunda, tasvirni elektr signallarga aylantirish **ikonoskop** deb ataluvchi qurilmada amalga oshiriladi.

Ikonoskop – sirti juda ko'p mitti fotoelementlardan iborat asbob. Ular o'zlariga tushayotgan yorug'likka mos bo'lgan elektomagnet to'lqinlar hosil qiladi va bu to'lqinlar uzoq masofalarga uzatiladi. Antenna yordamida qabul qilingan signallar esa kineskopda qaytadan yorug'lik signaliga, ya'ni tasvirga aylantiriladi.

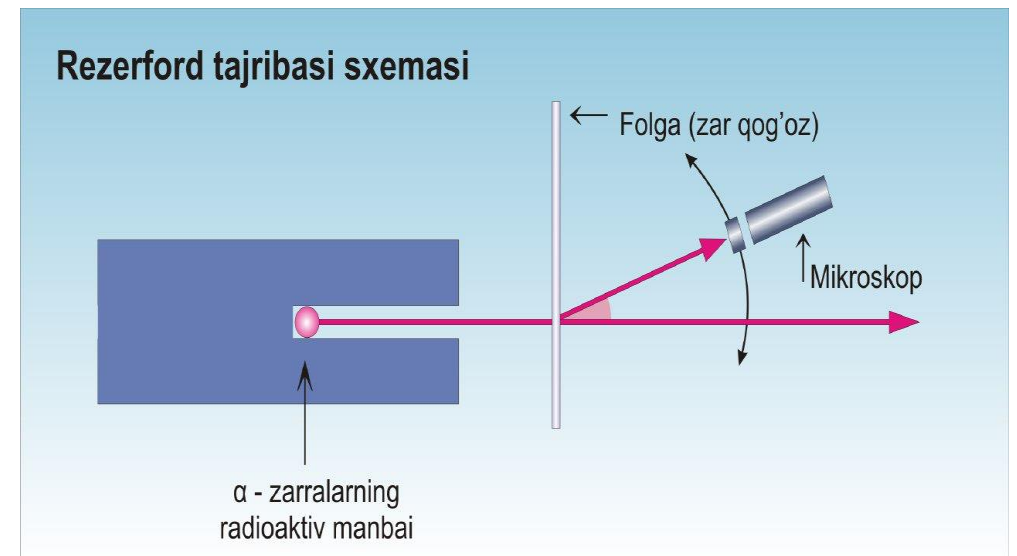
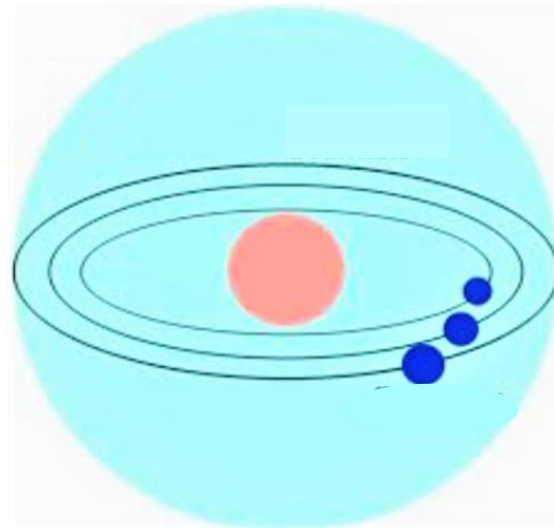
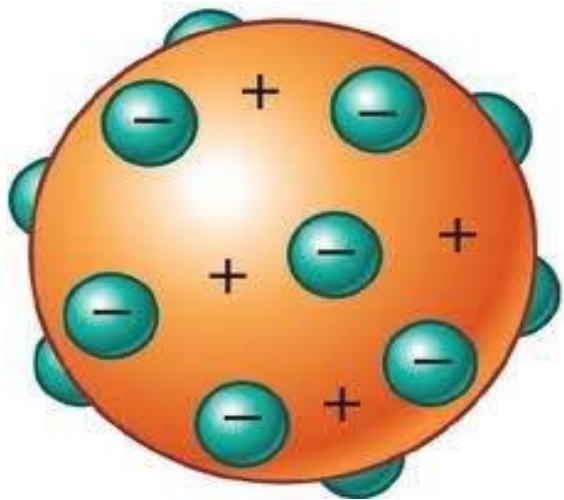
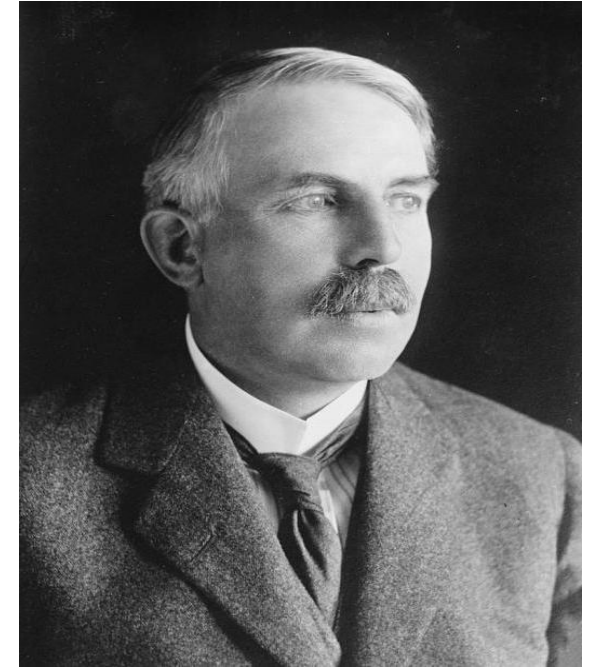
Ingliz fizigi J.J.Tompson 1903-yilda atomning tuzilishi haqidagi birinchi modelni taklif qildi.



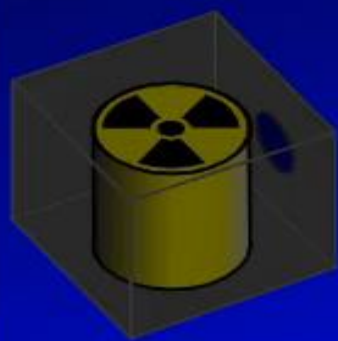
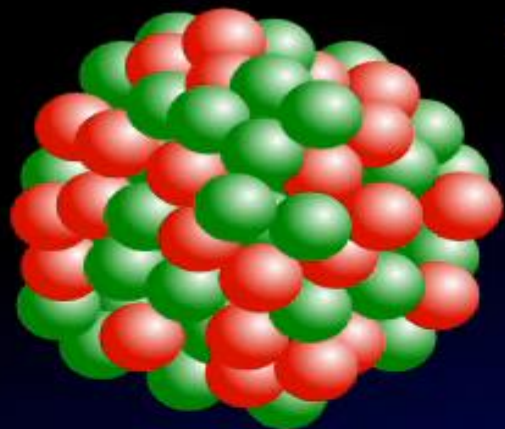
Tomson Atomi Modeli

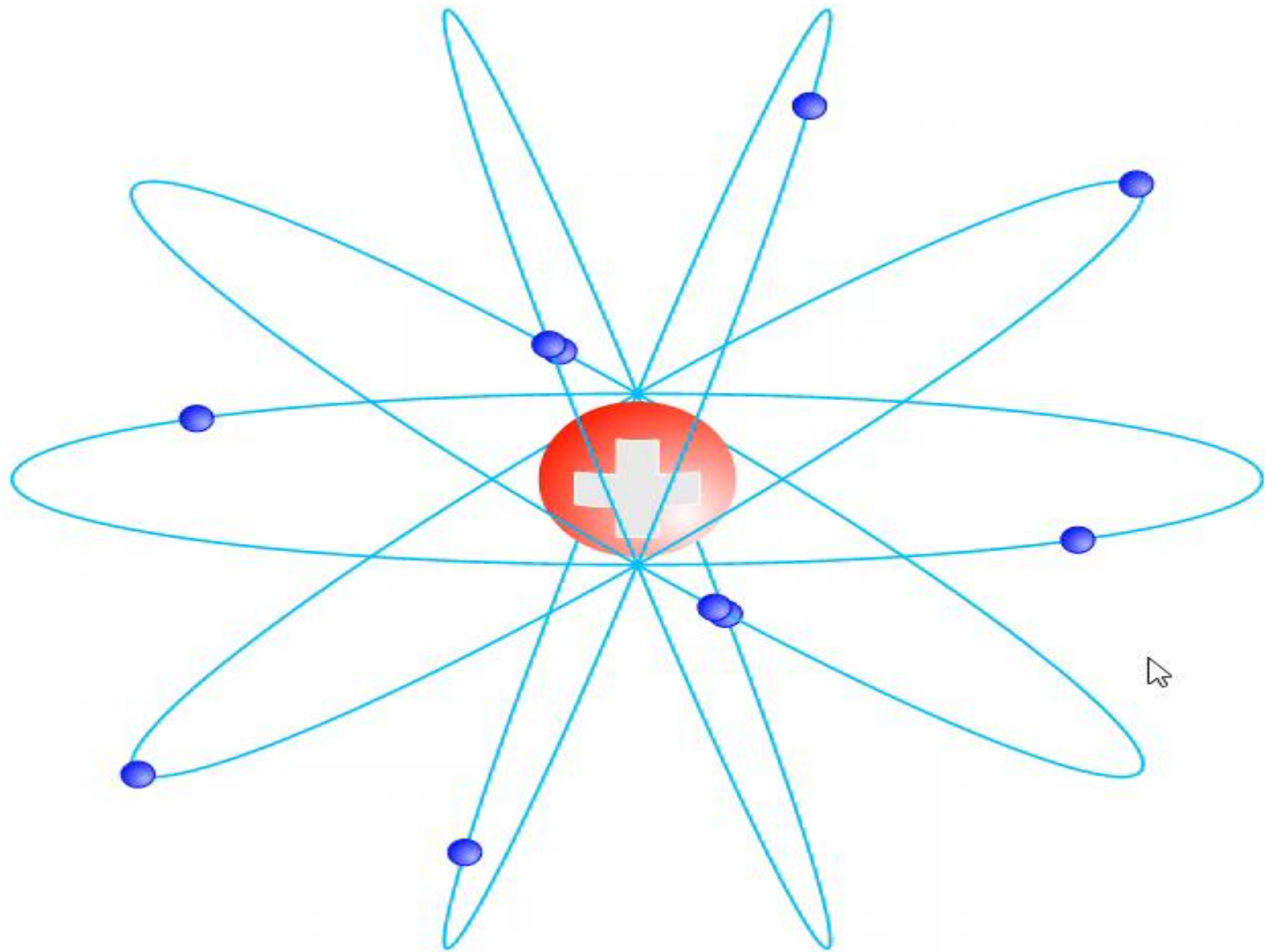


1911-yilda ingliz fizigi Rezerford o'z tajribalariga asosan Tomson modelini inkor etib, atomning yadroviy (planetar) modelini taklif qildi.



$^{118}_{79}\text{Au}$



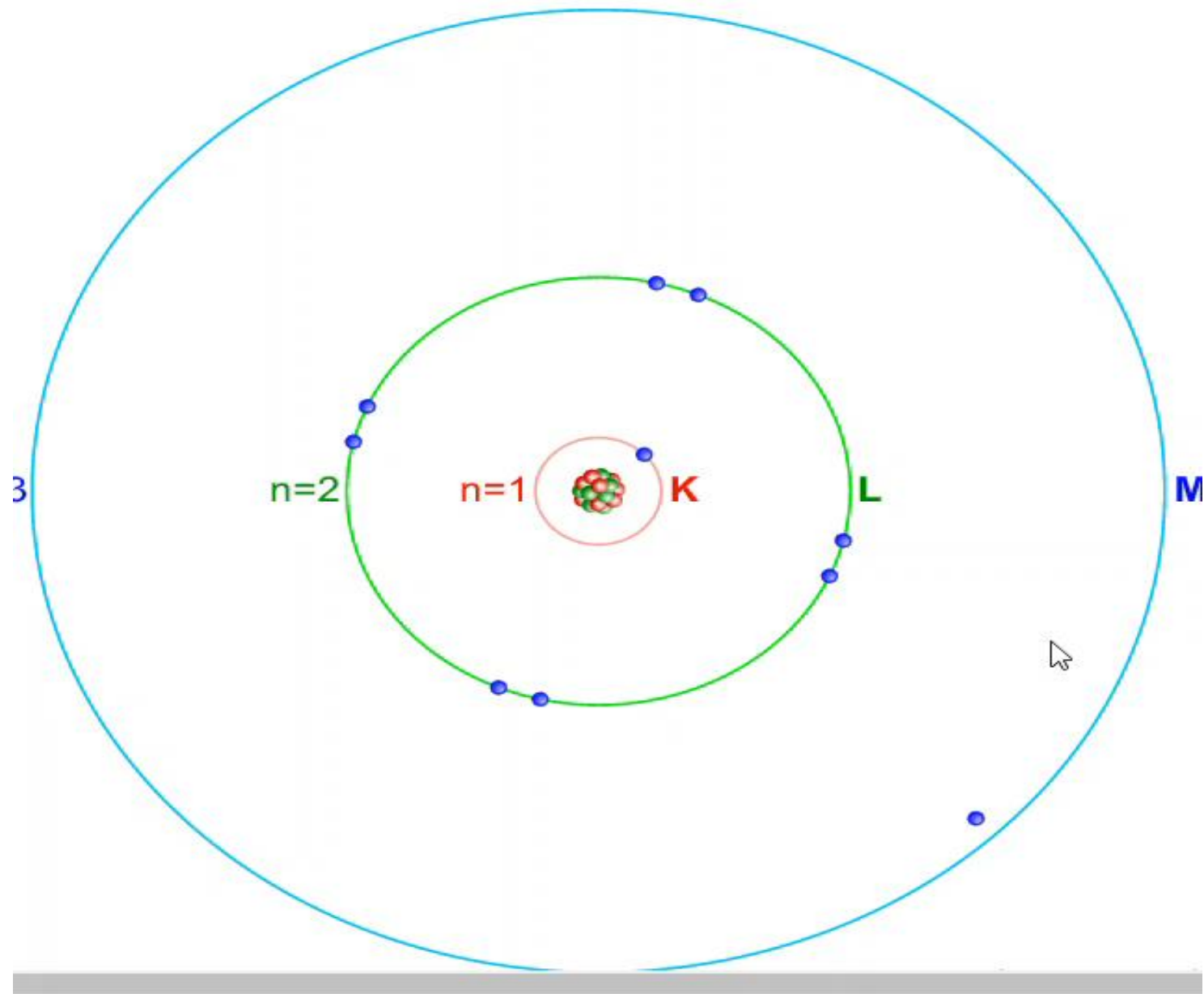


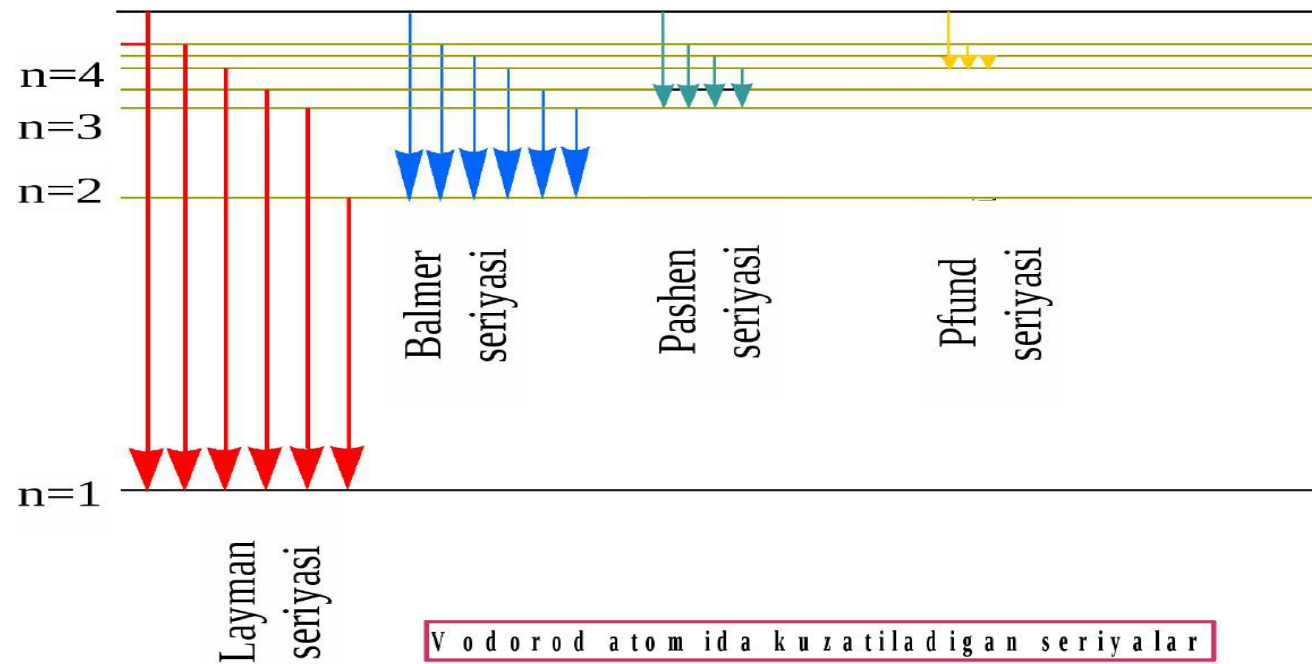
Shveytsariyalik fizik I.Balmer 1885-yilda tajriba natijalariga tayanib vodorod spektrining ko'zga ko'rinuvchi qismidagi spektral chiziqlarning chastotalari uchun quyidagi formulani topdi.

$$\nu = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ – Ridberg doimiysi

$m = 1, 2, 3, \dots$; $n = m + 1$





Rezerfordning yadroviy modeli atomning spektral qonuniyatlarini tushuntirib bera olmadi. Bundan tashqari, bu model klassik mexanika va elektrodinamika qonunlariga zid bo‘lib chiqdi.

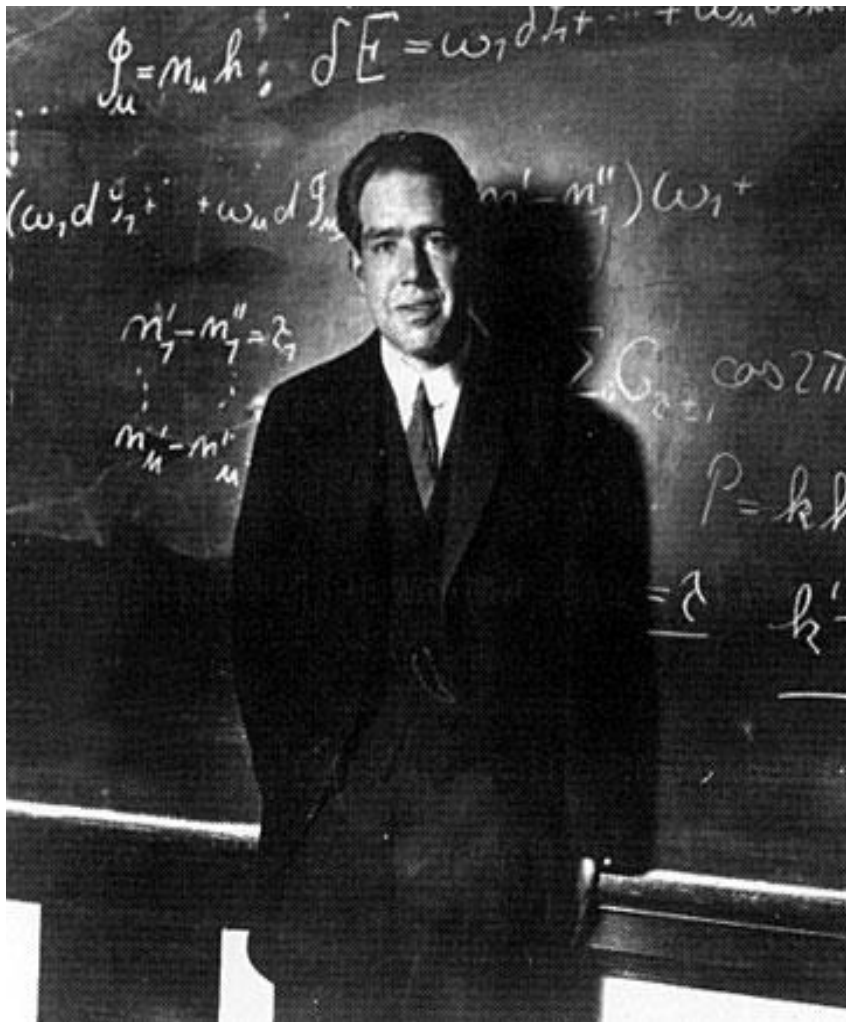
Birinchidan, elektronning yadro atrofidagi orbita bo‘ylab harakati egri chiziqli, ya’ni tezlanish bilan ro‘y beradigan harakatdir. Bu harakatda esa klassik elektrodinamika qonunlariga muvofiq elektron o‘zidan nur chiqarishi kerak.

Ya’ni harakat davomida elektronlarning energiyasi kamayadi, uning aylanish orbitasi kichrayadi va u yadroga yaqinlasha boradi. Boshqacha aytganda, ma’lum vaqtdan keyin elektron yadroga qulab, atom yo‘qolishi kerak.

Bu Rezerford modeliga muvofiq, atom nostabil sistema bo‘lishini ko‘rsatadi. Amalda esa atomlar juda mustahkam sistema hisoblanadi.

Ikkinchidan, elektron atomga yaqinlashgan sari orbitasining radiusi kichrayib, boradi ($R \rightarrow 0$), tezligi esa o'zgarmaydi ($v = \text{const}$) natijada tezlanishi $\left(a = \frac{v^2}{R}\right)$ ortishi bilan elektronning nurlanish chastotasi ham uzluksiz ravishda ortishi va demak, uzluksiz nurlanish spektri kuzatilishi kerak.

Tajribalar va ular bilan mos keluvchi Balmer formulasi esa atomning nurlanish spektri uzlukli (chiziqli) ekanligini ko'rsatganini yuqorida ko'rgan edik.



Nils Bor 1913-yil Rezerfordning yadroviy modeliga kvant nazariyasini tadbiq qilib, atomning nurlanishi yoki yorug'lik yutilishi kvantlardan iborat bo'ladi, degan g'oyani ilgari surdi.

Bor postulatları.

1. **Statsionar (turg'un) holatlar haqidagi postulat:** atomda statsionar holatlar mavjud bo'lib, bu holatlarga elektronlarning statsionar orbitalari mos keladi. Elektronlar faqat shu statsionar orbitalarda bo'lib, hattoki tezlanish bilan harakatlanganlarida ham nurlanish chiqarmaydilar. Statsionar orbitadagi elektronning harakat miqdori momenti (impuls momenti) kvantlangan bo'lib, quydagi shart bilan aniqlanadi.

$$m_e v_n r_n = n \frac{h}{2\pi};$$

$m_e v_n r_n$ – elektronning shu orbitadagi impuls momenti.

2. Chastotalar haqidagi postulat:

Elektron bir statsionar orbitadan ikkinchisiga o'tgandagina, energiyasi shu statsionar holatlardagi energiyalarning farqiga teng bo'lgan bitta foton chiqaradi (yoki yutadi):

$$h\nu = E_n - E_m; \quad (n = m + 1)$$

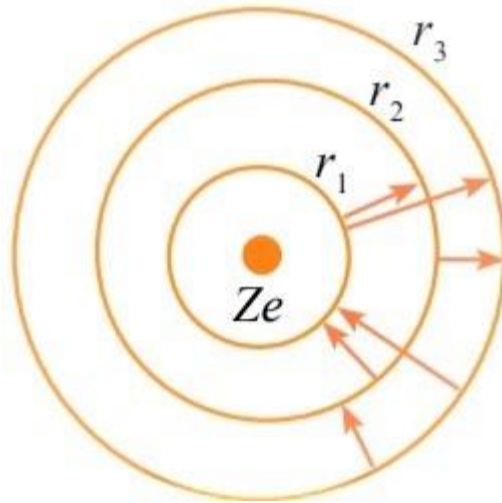
Agar $E_n > E_m$ bo'lsa, foton chiqariladi. Agar $E_n < E_m$ bo'lsa, foton yutiladi .

Yuqoridagi ifodadan nurlanish ro'y beradigan chastotalarni ya'ni atomning chiziqli spektrini aniqlash mumkin:

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h}$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{e \cdot e}{r_n^2} = \frac{m_e v_n^2}{r_n} \Rightarrow r_n = n^2 \frac{h^2 \epsilon_0}{\pi m_e e^2}$$

$$r_B = 0,529 \cdot 10^{-10} m ; \quad r_n = n^2 \cdot r_B ; \quad r_2 = 4r_B$$



Atomdagi energetik sathlar. Statsionar holatdagi atom energiyasi qabul qiladigan qiymatlar **energetik sath** deyiladi.

$$E = E_k + E_p; \quad E_k = \frac{m_e v_n^2}{2} = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n}; \quad E_p = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n}$$

$$E = \frac{e^2}{8\pi\epsilon_0 r_n} + \left(-\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n} \right) = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n}$$

$$E_n = -\frac{m_e e^4}{8h^2 \epsilon_0^2} \cdot \frac{1}{n^2}$$

$n = 1$ holat eng turg'un statsionar holat

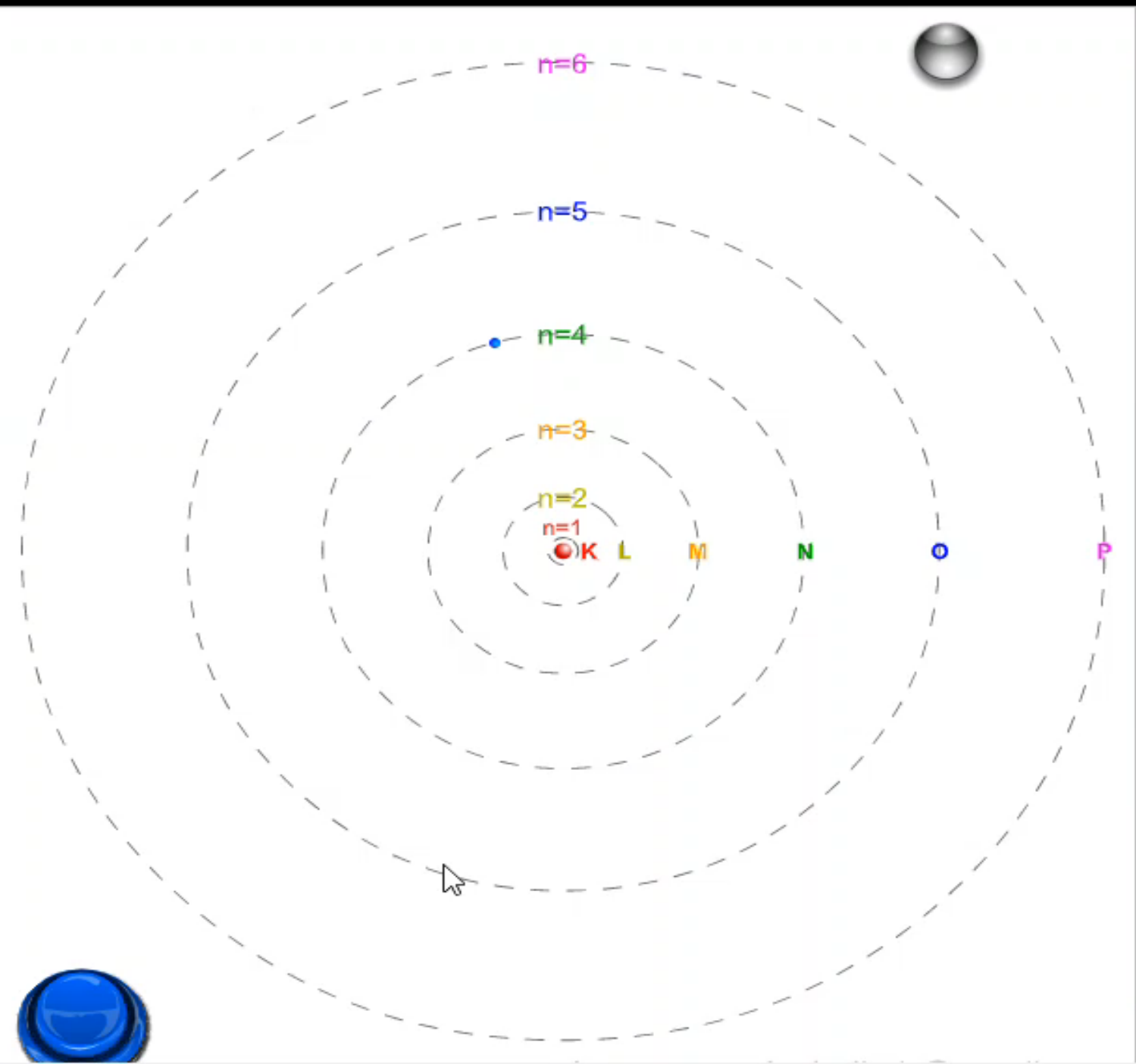
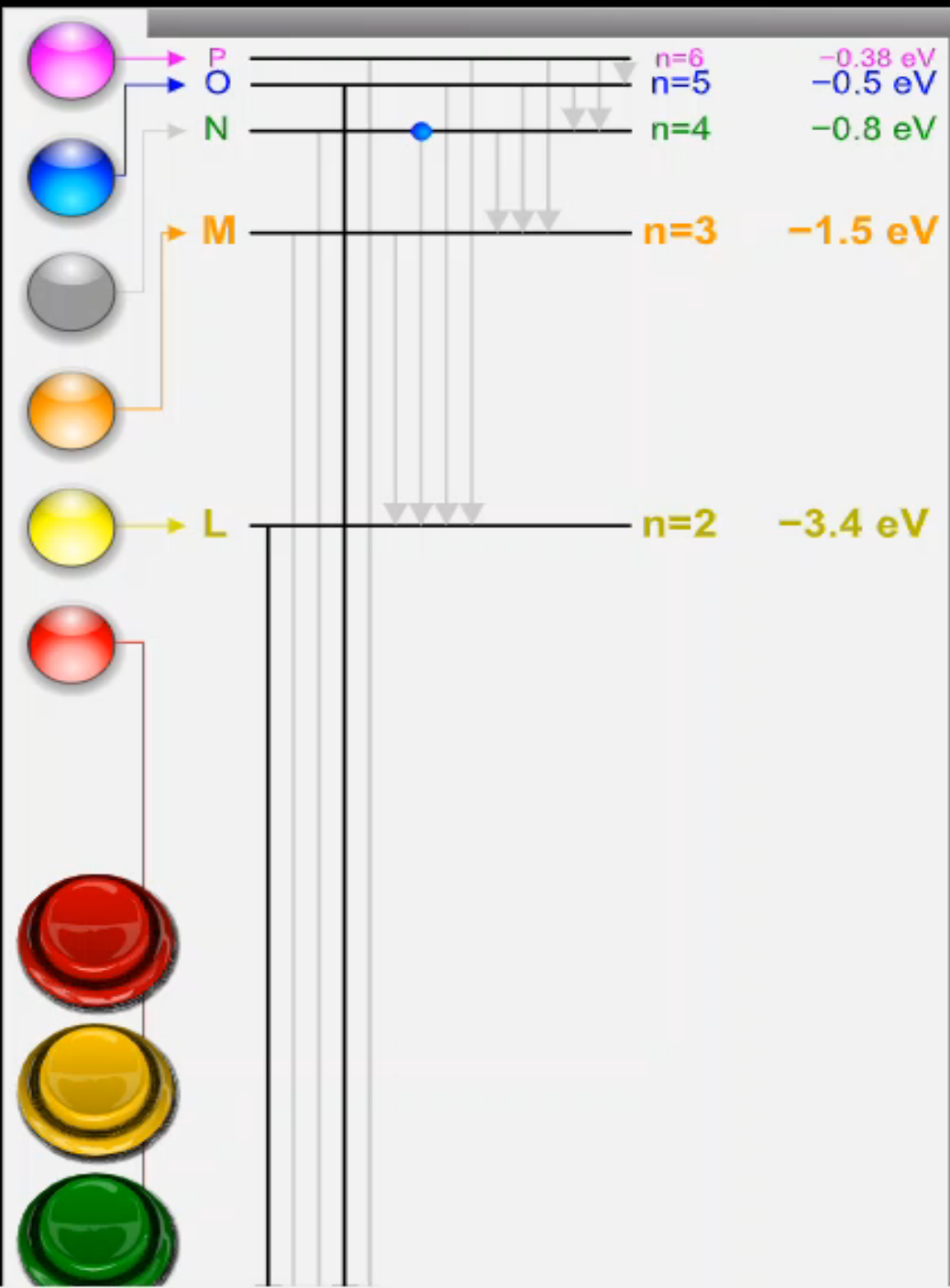
$n > 1$ holat uyg'ongan holat

Borning ikkinchi postulatiga ko'ra, elektron bir energetik sathdan ikkinchisiga o'tganda energiyali foton chiqaradi yoki yutadi.

$$h\nu = E_2 - E_1 = \frac{m_e e^4}{8h^2 \varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Elektronni atom yadrosidan ajratib olish uchun eng katta energiya sarflanadi. Bu energiyanning qiymati 13,6 eV ga teng bo'lib, vodorod atomini ionlashtirish energiyasidir.

$$\nu = \frac{m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2} \cdot \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right); \quad R = \frac{m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2} - \textit{Ridberg doimiysi}.$$



Lazer nima?

Lazer deb ataluvchi optik kvant generatorlarining paydo bo'lishi fizika fanining yangi sohasi – kvant elektronikasining ulkan yutug'idir. Lazer deganda, juda aniq yo'naltirilgan kogerent yorug'lik nurining manbayi tushuniladi.

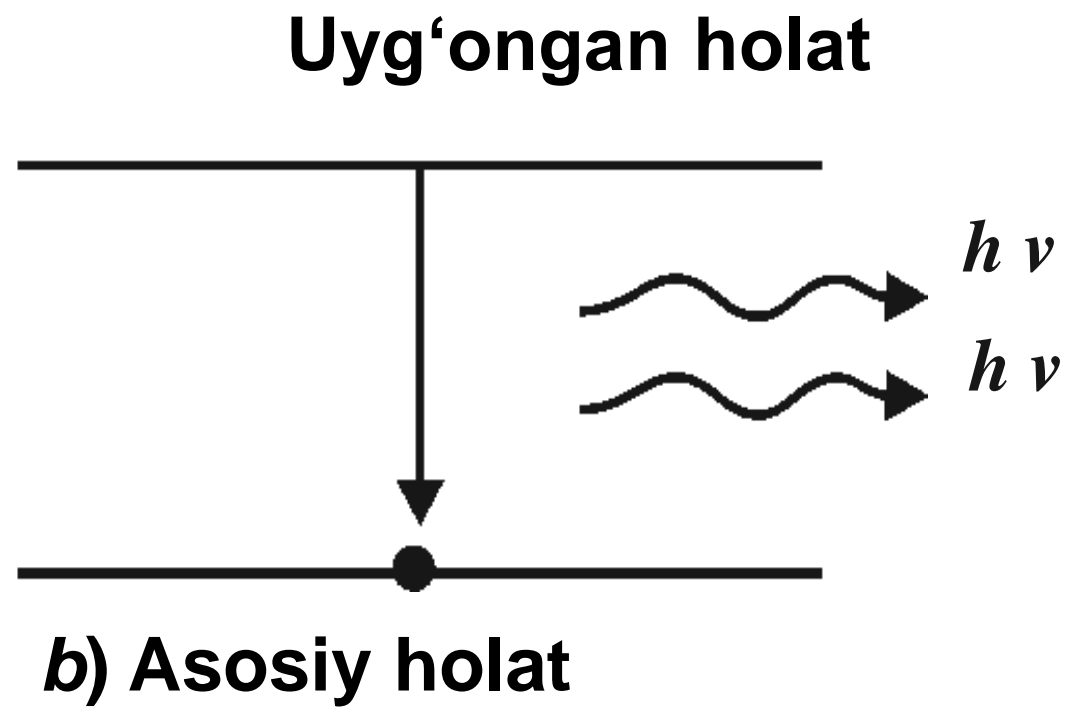
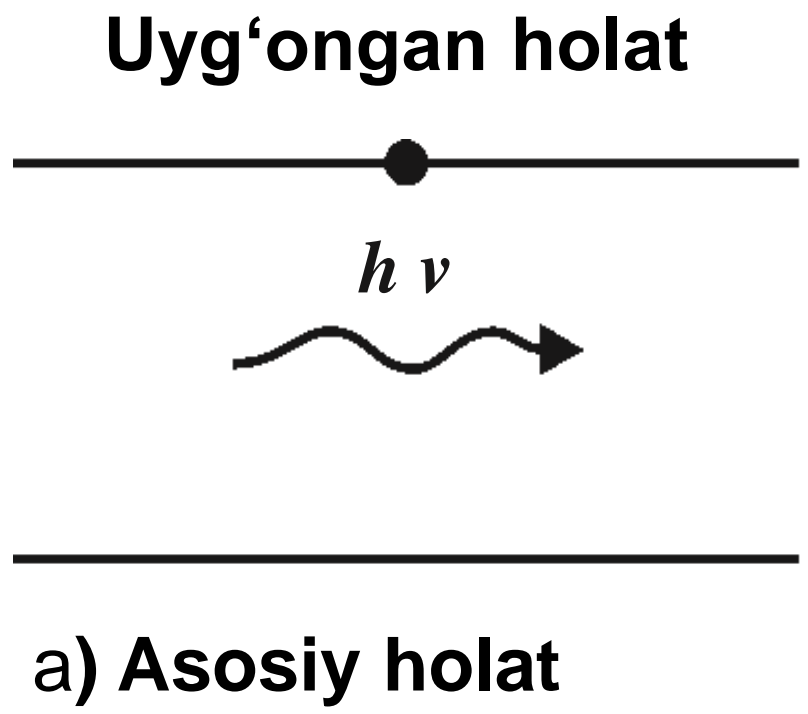
Lazer so'zining o'zi inglizcha “majburiy tebranish natijasida yorug'likning kuchaytirilishi” so'zlaridagi birinchi harflardan tanlab olingan (“Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation”).

Atomning majburiy nurlanishi. Atom asosiy holatda bo'lganida nurlanmaydi va unda cheksiz uzoq vaqt davomida turadi. Ammo atom boshqa ta'sirlar natijasida uyg'ongan holatga o'tishi mumkin.

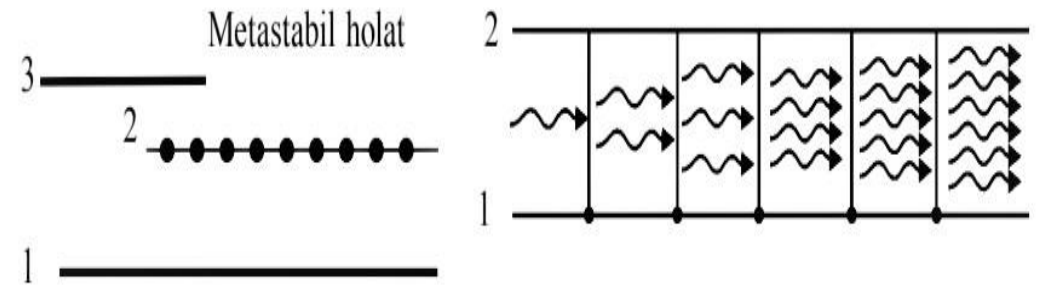
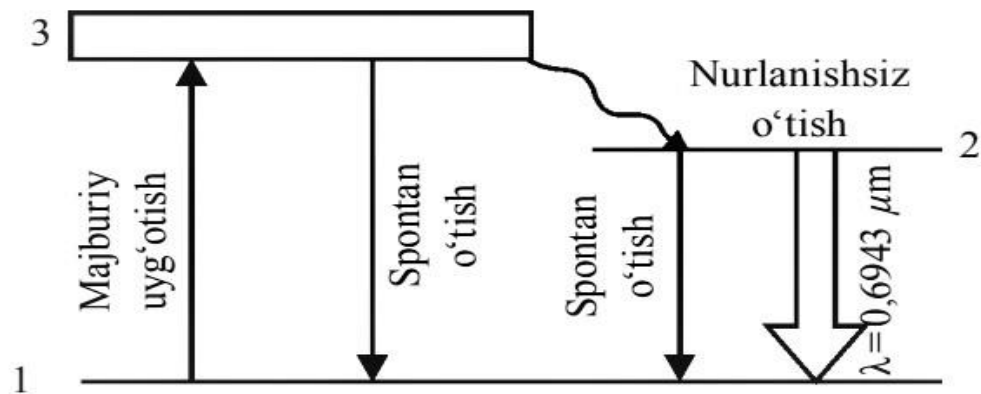
Odatda, atom uyg'ongan holatda uzoq bo'lmay, yana qaytib, asosiy holatga o'tadi va bunda energetik sathlarning farqiga teng energiyali foton chiqaradi.

Bunday o'tish o'z-o'zidan ro'y bergani uchun chiqariladigan nurlanish ***spontan nurlanish*** deyiladi va chiqarilgan nurlar kogerent bo'lmaydi.

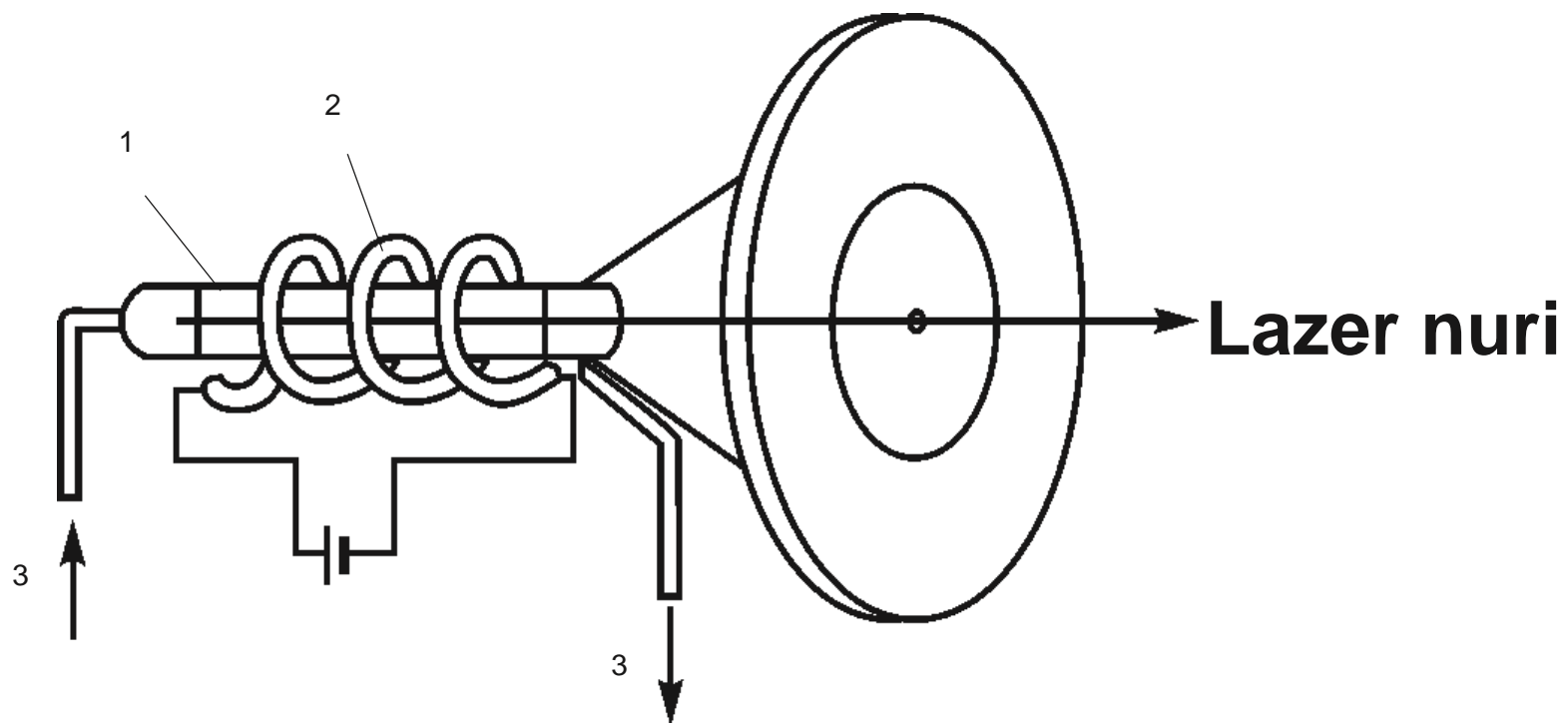
Eynshteynning ta'kidlashicha, bunday o'tishlar nafaqat o'z-o'zidan, balki majburiy ham bo'lishi mumkin. Bunday majburiy o'tish uyg'ongan atom yonidan o'tayotgan foton ta'sirida ro'y berishi mumkin.



Yoqut lazeri. Yoqut kristalli alyuminiy oksid (Al_2O_3) dan iborat bo'lib, Al ning ba'zi atomlari o'rnini xromning uch valentli Cr^{3+} ionlari egallagan bo'ladi. Kuchli yoritilish natijasida xrom atomlari asosiy holatdan uyg'ongan holatga maiburiv ravishda o'tkaziladi.



Yoqut lazerini hosil qilish sxemasi:



Lazerning turlari. Kvant generatorlari kvant mexanikasi qonunlari asosida istalgan (elektr, issiqlik, yorug'lik, kimyoviy va h.k.) energiyani kogerent yorug'lik nuri energiyasiga aylantirib beradi.

Bu ajoyib xossaga egaligi lazer nurining juda keng qo'llanilishiga sabab bo'lmoqda.

Lazerlar faollashtiruvchi moddalarning turlariga, ya'ni qanday energiyani kogerent yorug'lik nuri energiyasiga aylantirishiga qarab bir nechta turlarga bo'linadi.

Bular: qattiq lazerlar, yarim o'tkazgichli lazerlar, gaz lazerlari, kimyoviy lazerlar, tolali lazerlar, rentgen lazerlari va hokazolar. Ular impuls, uzluksiz va kvaziuzluksiz rejimlarda ishlashi mumkin.



Lazerning xossalari

1. Lazer nuri yuqori darajada kogerent, ya'ni fotonlarning fazalari bir xil.

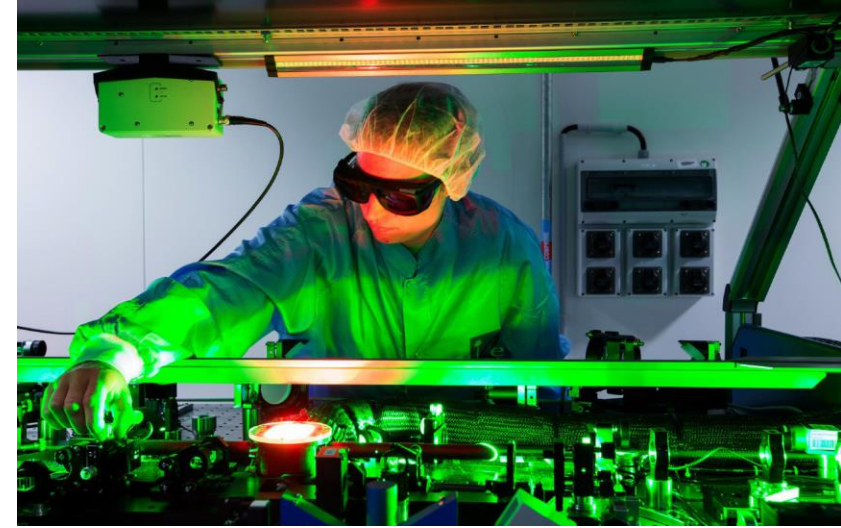
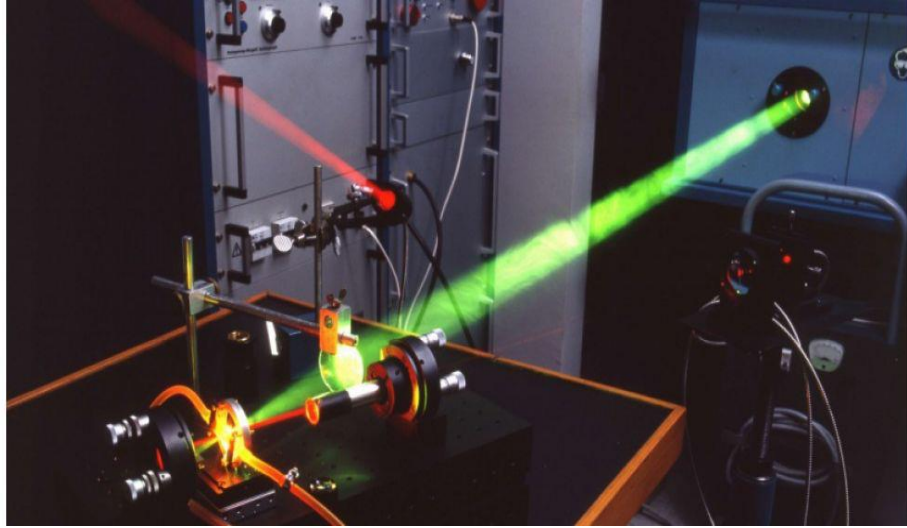
2. Qat'iy monoxromatik. Dastaga kiruvchi fotonlar to'lqin uzunliklarining farqi 10^{-11} m dan oshmaydi, ya'ni

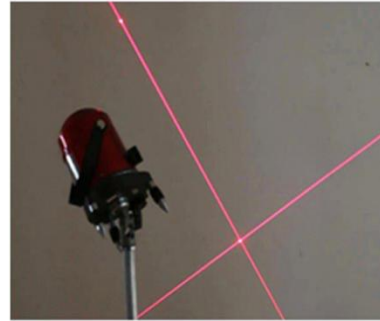
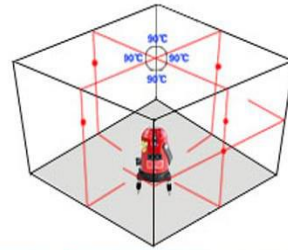
$$\Delta\lambda = 10^{-11} \text{ m.}$$

3. Nurlanish quvvati juda katta. Lazer nurida nurlanish quvvati $10^{16} - 10^{20} \text{ W/m}^2$ gacha bo'lishi mumkin. Quyoshning to'la nurlanish spektri bo'yicha nurlanish quvvati $7 \cdot 10^7 \text{ W/m}^2$ ni tashkil qiladi.

4. Nurning yoyilish burchagi juda kichik.

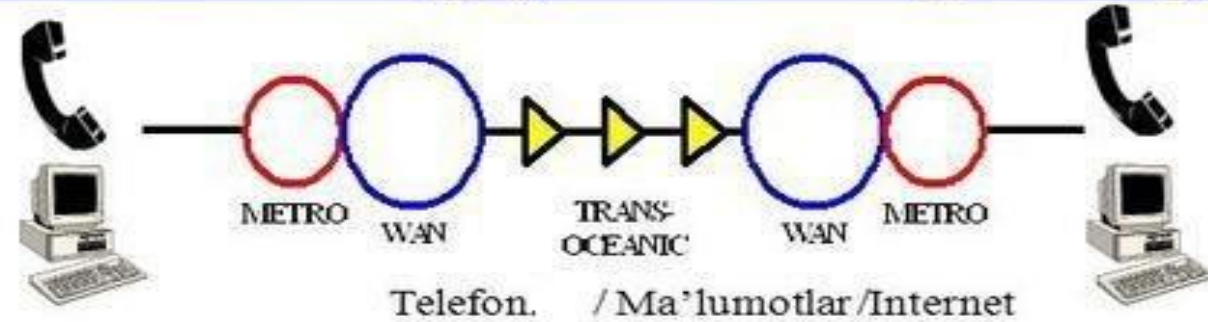
Lazerning qo'llanilishi





Optik va lazer texnologiyalarining rivojlanishi

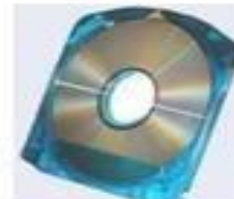
Aloqa



Ma'lumotlarni yozish va saqlash



CD/DVD



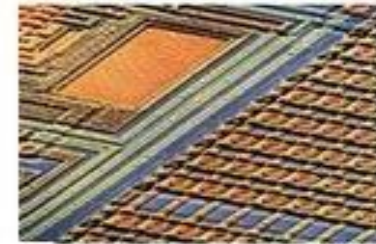
Prezasion lazerli qayta ishlash



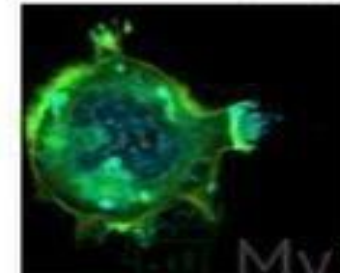
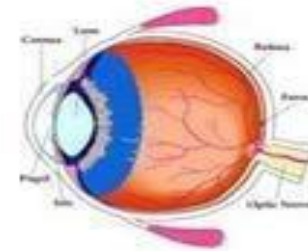
Lazerli kesish



Lazer nuri bilan sochga yozish



Lazerlarning tibbiyotda qo'llanilishi va optik tasvirlarni yaratish



Hujayraning 3-D tasviri