



**TOSHKENT DAVLAT TEXNIKA
UNIVERSITETI TERMIZ
FILIALI**



**MATEMATIK VA TABIIY-ILMIY
FANLAR KAFEDRASI**

**MA'RUZA № 17
(4-Modul)**

NURLANISHNING KVANT TABIATI

Muratova N.

O'tilgan mavzu bo'yicha savollar

- 1. Fizikaning optika bo'limi haqida tushuncha bering
- 2. Optikaning yorug'lik energiysini o'lchash usullarini o'rganuvchi bo'limi asosiy kattaliklari qaysilar?
- 3. Yoruglikning interferensiyasi deb nimaga aytiladi?
- 4. Yorug'likning difraksiyasi deb nimaga aytiladi?
- 5. Yorug'likning dispersiyasi deb nimaga aytiladi?
- 6. Yorug'likning qutblanishi deb nimaga aytiladi?

17-Ma'ruza:

Nurlanishning kvant tabiati

Reja:

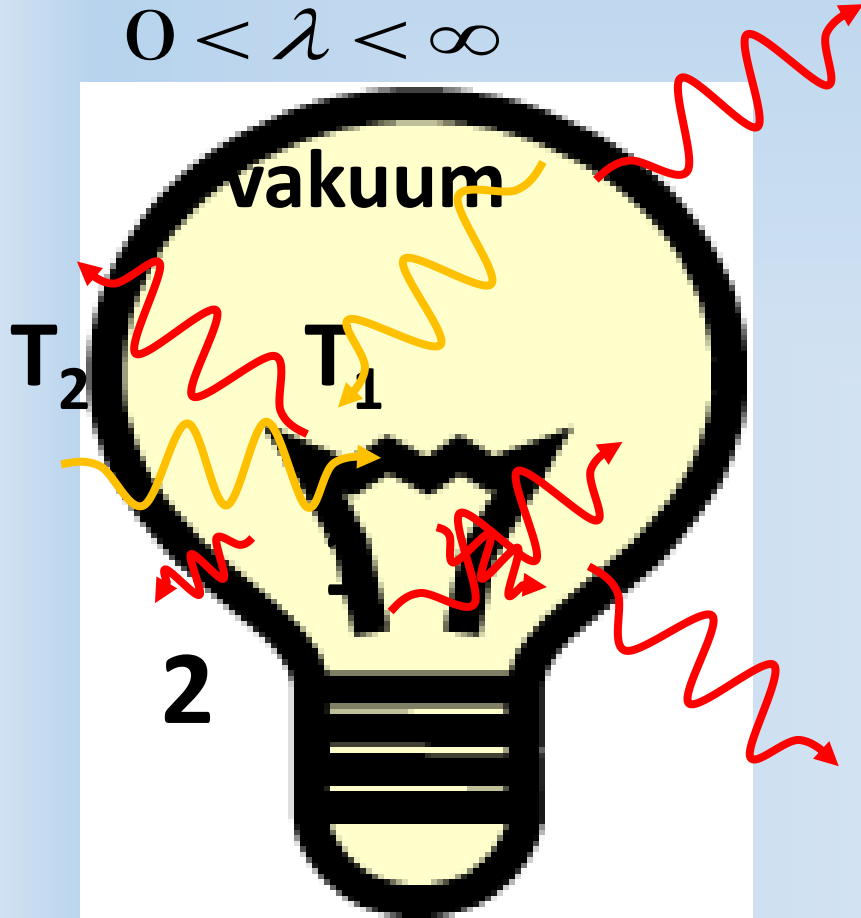
1. Optika bo'limi haqida tushuncha.
2. Optikaning yorug'lik energiyasini o'lchash usullrini o'rganuvchi bo'limi asosiy kattaliklari qaysilar?
3. Yoruglikning interferensiyasi deb nimaga aytiladi?
4. Yorug;likning difraksiyasi deb nimaga aytiladi.
5. Yorug'likning dispersiyasi deb nimmaga aytiladi?
6. Yorug'likning qutblanishi deb nimaga aytiladi?

1-reja:

Issiqlik nurlanishi. Kirxgof qonuni. Stefan-Bolsman qonuni. Vinning siljish qonuni.

1) Qizdirilgan jismlarning nurlanishi

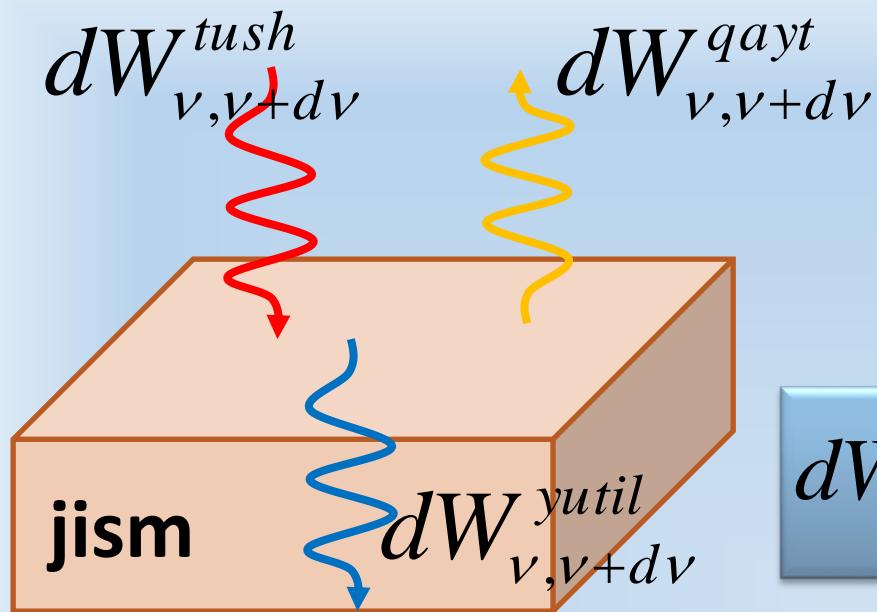
$$0 < \lambda < \infty$$



$$T_1 > T_2$$

Issiqlik nurlanishi moddadagi atom va molekulalarning issiqlik harakati energiyasi (ichki energiya) hisobiga ro'y beradi va temperaturasi 0 K dan yuqori bo'lgan barcha jismlar uchun xos bo'ladi

Issiqlik nurlanishi teng huquqli – jism birlik vaqt ichida qancha energiya nurlantirsa, shuncha energiyani yutadi.



Har xil to'liqin uzunlikdagi λ yoki har xil chastotali ν to'liqlarning nurlanishi va yutilishi turlicha jadallik bilan ro'y beradi

$$dW_{\nu, \nu+d\nu}^{qayt} = dW_{\nu, \nu+d\nu}^{tush} - dW_{\nu, \nu+d\nu}^{yutil}$$

$$A_{\nu}(\nu, T) = \frac{dW_{\nu}^{yutil}}{dW_{\nu}^{tush}} \leq 1$$

Chastotalari ν dan $\nu+d\nu$ gacha bo'lgan issiqlik nurlanishi uchun yutilgan energiyaning tushayotgan energiyaga nisbati qizdirilgan jismning spektral yutish qobiliyati deb ataladi.

$dW_{\nu, \nu+d\nu}^{tush}$ — tushayotgan nurlar energiyasi

$dW_{\nu, \nu+d\nu}^{qayt}$ — qaytgan nurlar energiyasi

$dW_{\nu, \nu+d\nu}^{yutil}$ — yutilgan nurlar energiyasi

$$R_\nu(\nu, T) = \frac{dW_\nu^{nurl}}{d\nu}$$

Qizdirilgan jism nurlanadi, va $\nu \div \nu + d\nu$ chastotali elektromagnit to'liqlar uning birlik yuzasidan barcha yo'nalishlarda energiya olib ketadi.

Bu kattalik qizdirilgan jismning spektral nurlanish qobiliyati deb ataladi.

$$R_T = \int_0^\infty R_{\nu, T} d\nu$$

Qizdirilgan jismning energetik yoritilganligi – birlik yuzadan birlik vaqt davomida issiqlik nurlanishi olib ketiladigan energiya.

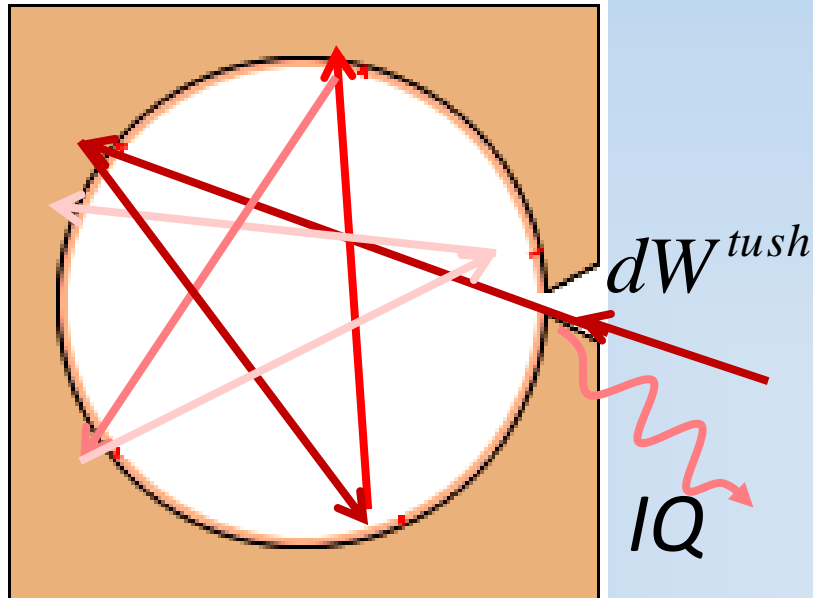
$$R_{\nu, T} = R_{\nu, T} \frac{d\lambda}{d\nu} = R_{\nu, T} \frac{\lambda^2}{c}$$

Nurlanish qobiliyati to'liq uzunligi funksiyasi sifatida.

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

Bo'lganligi uchun

Absolyut qora jism



Har qanday temperaturada istalgan chastotali o'ziga tushayotgan barcha nurlarni yuta oladigan jism absolyut qora jism deb ataladi.

Barcha chastota va temperaturadagi qora jismning spektral yutish qobiliyati birga teng:

$$A_{\nu, T}^q = 1$$

ABSOLYUT QORA JISM UCHUN KIRXGOF QONUNI

$$R_{\nu, T} = f(\nu, T)$$

MASALAN:

- QORA KUYA
- QORA BAXMAL
- FOTOSFERA YOKI YULDUZLARNING NURLANISH YUZASI
- PLATINA QORASI

Absolyut qora jism faqat yutmaydi, nurlanadi ham. Ma'lum bir temperaturada issiqlik muvozanati o'rnatiladi. Absolyut qora jism qancha energiya yutsa, shuncha energiyani issiqlik nurlanishi ko'rinishda nurlantiradi.

Yutish qobiliyati butun chastota diapazoni bo'ylab bir hil va birdan kichik, hamda jism yuzasining temperaturasi, materiali va holatiga bog'liq bo'lgan jism kul rang jism deyiladi.

$$A_{\nu,T}^c = A_T = \text{const} < 1$$

Kulrang jismning energetik yoritilganligi (ν boyicha integral):

$$R_T^c = \int_0^{\infty} A_{\nu,T} r_{\nu,T} d\nu = A_T \int_0^{\infty} r_{\nu,T} d\nu = A_T R_e$$

Kirxgof qonuni

Qizdirilgan jismlar tizimi issiqlik nurlanishi muvozanatga kelganida ya'ni, barcha yutuvchi va nurlanuvchi jismlarning temperaturasi T bir hil bo'lganida, nurlanish va yutish qobiliyati nisbati qizdirilgan jismning shakli va tuzilishiga bog'liq bo'lmaydi, balki barchasi uchun bir hil bo'lgan chastota (yoki to'lqin uzunligi)ning universal funksiyasidir

$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1JISM} = \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2JISM} = \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{3JISM} = f(\nu, T)$$

$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1JISM} \xrightarrow{\text{YO'O'Q}} \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2JISM}$$

$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1JISM} \xrightarrow{\text{HA}} \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2JISM}$$

Kirxgof qonuni

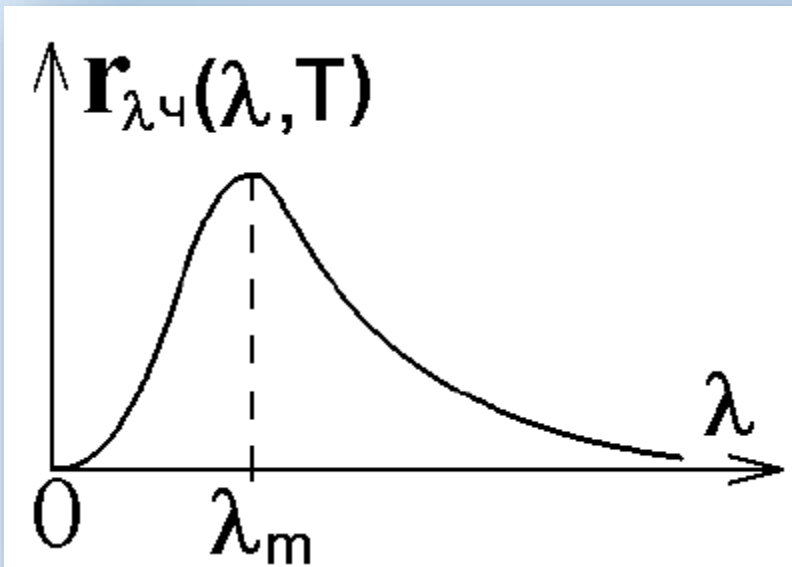
Kirxgof qonuni jismlarning nurlanish va yutish qobiliyatlari orasidagi munosabatni aniqlaydi.

$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1JISM} = \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2JISM} = \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{3JISM} = f(\nu, T)$$

$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1JISM} \overset{\text{YO'Q}}{\neq} \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2JISM}$$

$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1JISM} \overset{\text{HA}}{=} \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2JISM}$$

Stefan-Bolsman qonuni



Qora jismning nurlanish qobiliyati to'liq uzunligiga bog'liq va biror λ_{\max} to'liq uzunligida maksimumga ega. Bu to'liq uzunligi issiqlik nurlanishining ehtimolligi katta bo'lgan to'liq uzunligi deb ataladi.

Bu to'liq uzunligiga absolyut qora jismning muvozanatli nurlanish spektrining maksimumi to'g'ri keladi.

Qora jismning energetik yoritilganligi termodinamik temperaturaning to'rtinchi darajasiga proportsional :

$$R_e = \int_0^{\infty} r_{\nu, T} d\nu = \sigma T^4$$

$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Bm} / (\text{M}^2 \cdot \text{K}^4)$ Stefan-Bolsman doimiysi

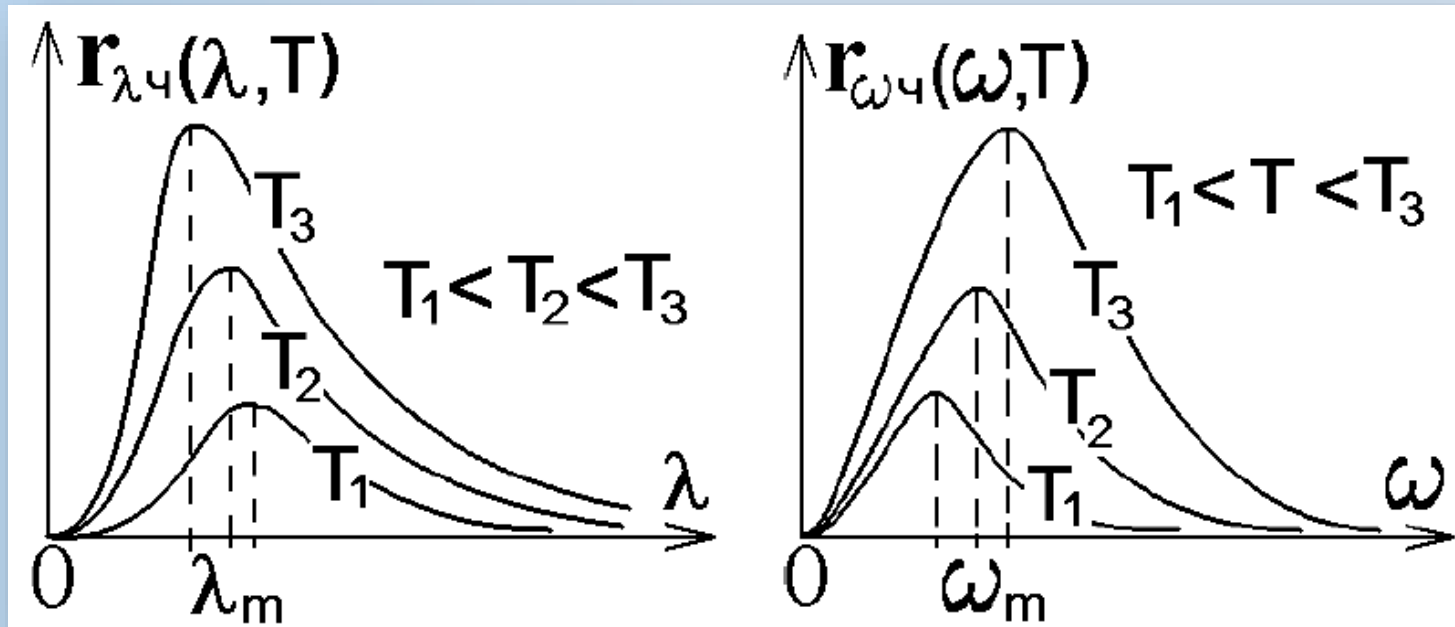
Vinning siljish qonuni

Qora jismning nurlanish qobiliyati $R_{\nu, T}$ maksimal bo'lgan to'liq uzunligi λ_{\max} uning termodinamik temperaturasiga teskari proporsional:

$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ – Vin doimiysi.

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

$$\lambda_{\max} T = b = \text{const}$$



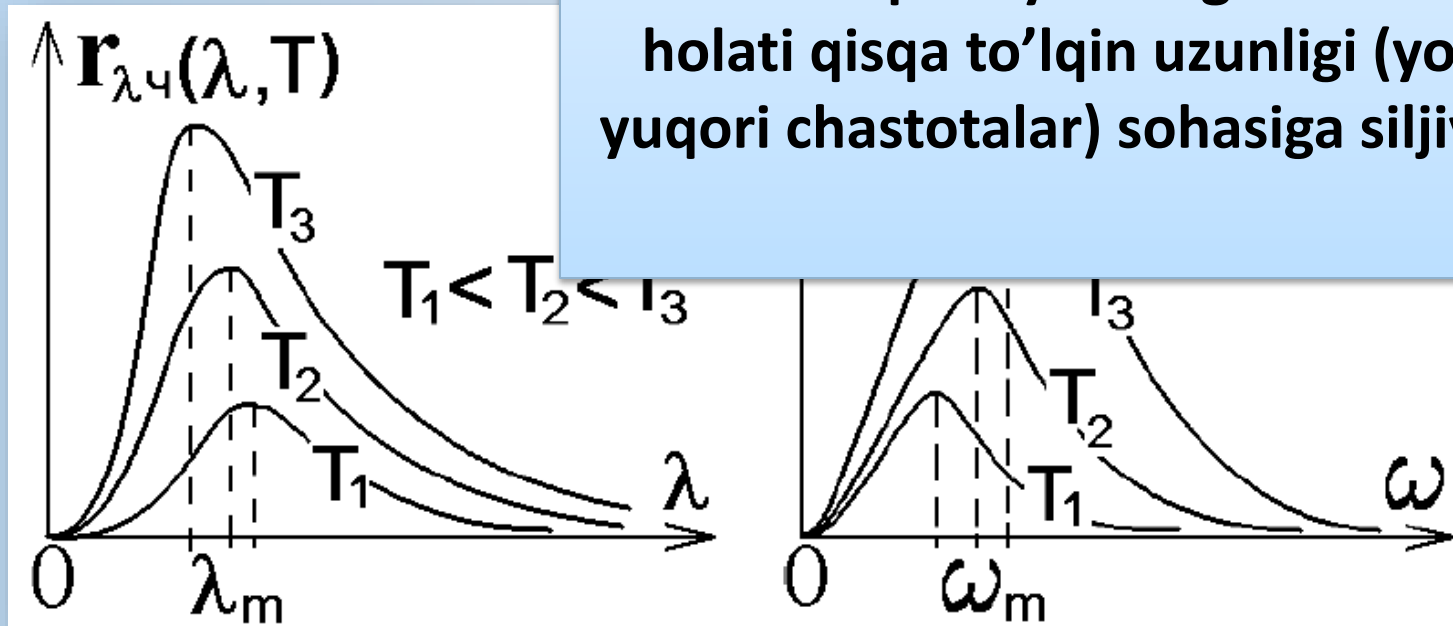
Vinning siljish qonuni

Qora jismning nurlanish qobiliyati $R_{\nu, T}$ maksimal bo'lgan to'liqin uzunligi λ_{\max} uning term proporsional:

$$b = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} - \nu$$

$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

Vin qonuni siljish qonuni deb ataladi, absolyut qora jismning temperaturasi oshayotganida nurlanish qobiliyatining maksimum holati qisqa to'liqin uzunligi (yoki yuqori chastotalar) sohasiga siljiydi.

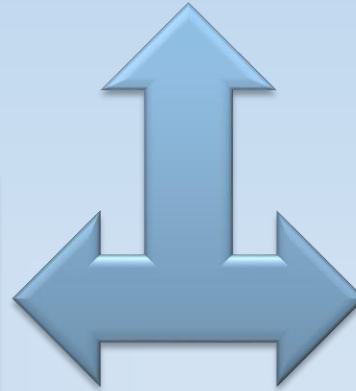


2-reja:

- TASHQI
- FOTOEFFEKT
- QONUNLARI

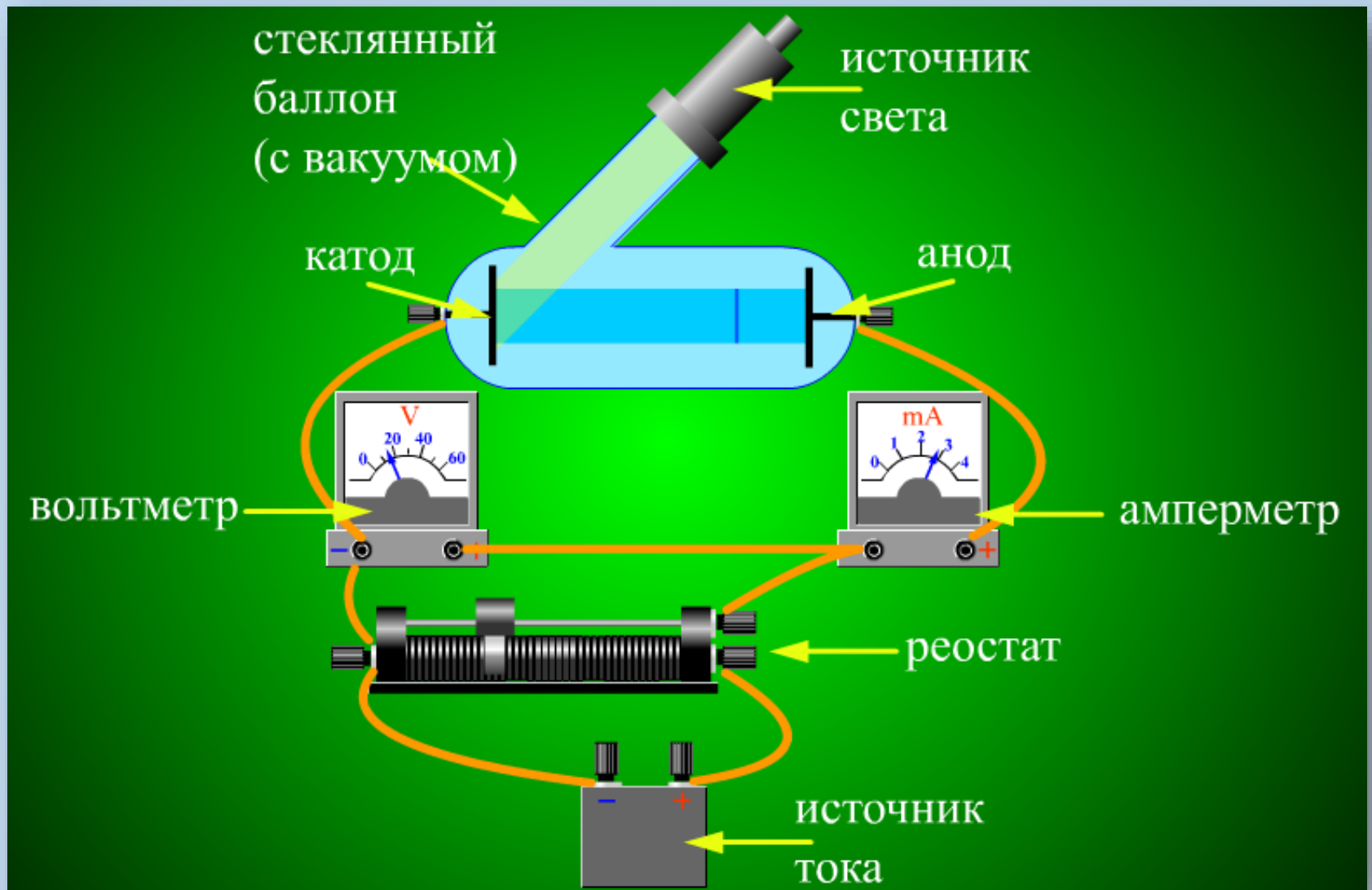
Fotoelektrik effekt (fotoeffekt) deb elektromagnit nurlanish ta'siri ostida elektronlarning ajralib chiqishiga aytiladi.

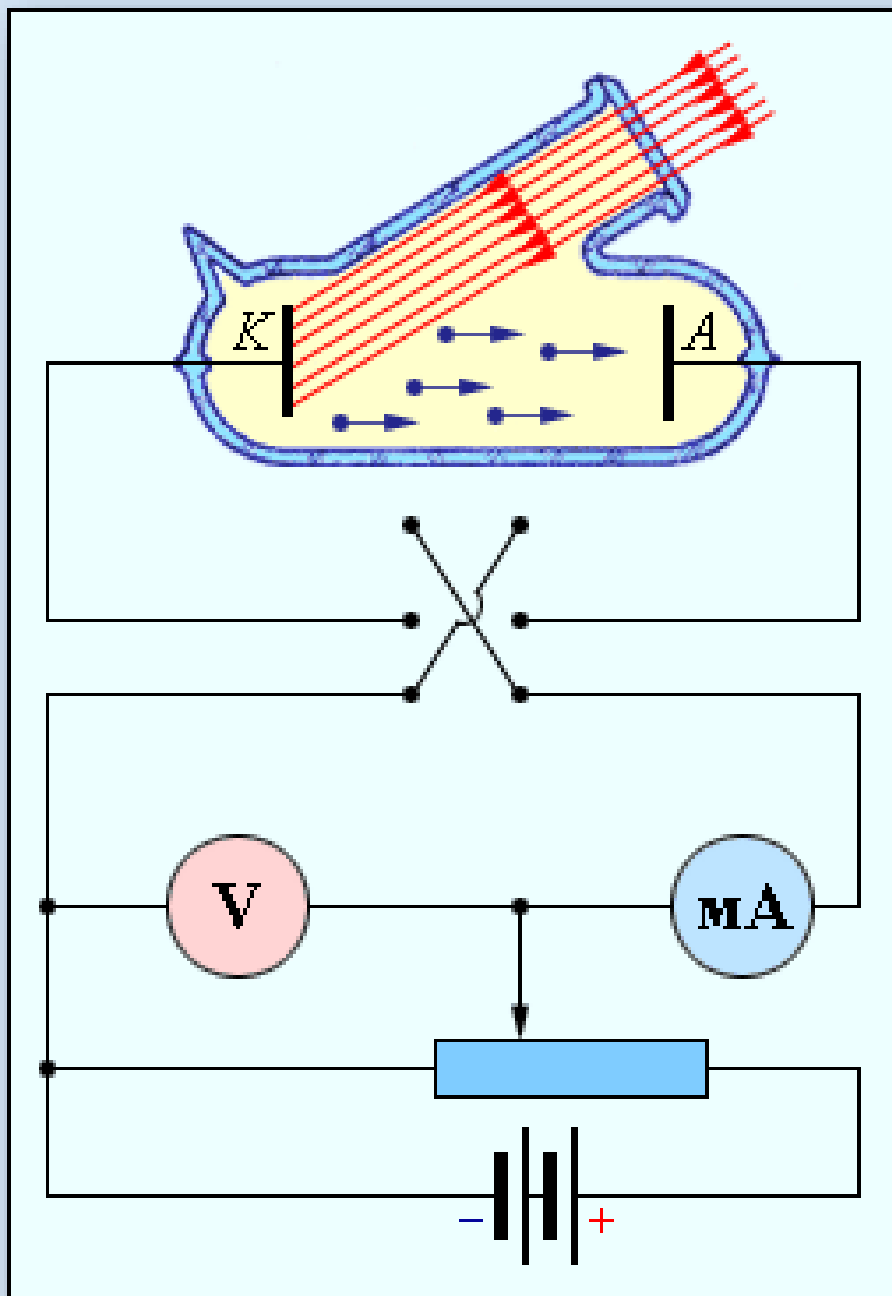
Tashqi fotoeffekt – fotoelektron emissiya – elektromagnit nurlanish ta'siri ostida moddaning elektronlarni chiqarishi.



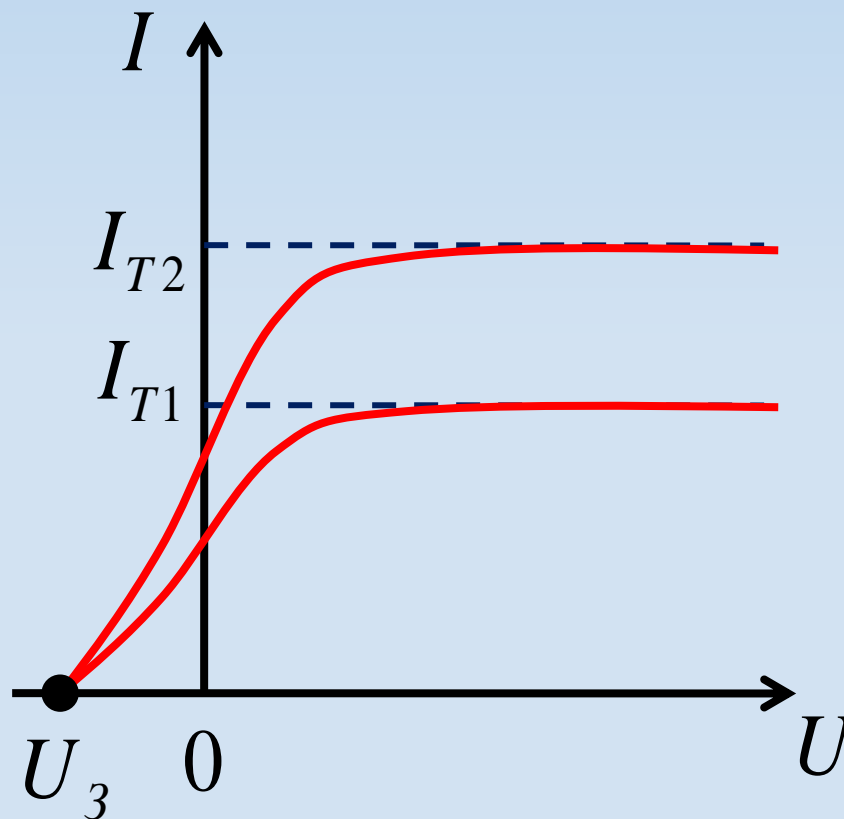
Ichki fotoeffekt – yarim o'tkazgich yoki dielektrikning ichida elektromagnit nurlanish ta'sirida elektronlarning tashqariga uchib chiqmasdan, bog'lanish holatidan erkin holatga o'tishi.

Тажриба схемаси





Fotoeffektning volt-ampere xarakteristikasi



I_{T1} va I_{T2} - to'yinish toklari
 U_3 - ta'qiqlovchi potentsial

To'yinish fototoki – katoddan chiqayotgan barcha elektronlar anodga etib boradigan tok

$$I_{to'y} = ne$$

Ta'qiqlovchi kuchlanish - fototok qiymati 0 ga teng bo'ladigan minimal teskari kuchlanish.

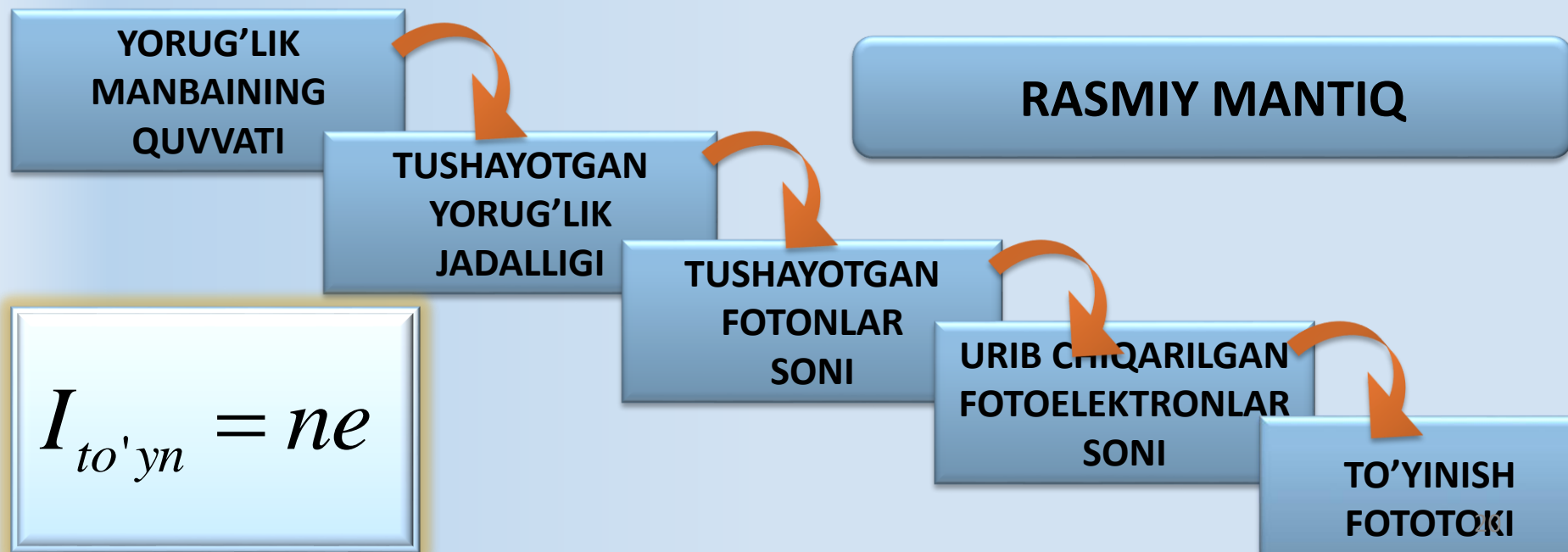
$$\left(\frac{mv^2}{2} \right)_{\max} = eU_3$$

Ta'qiqlovchi kuchlanish tushayotgan yorug'lik oqimining jadalligiga bog'liq emas va yorug'lik chastotasi ν oshishi bilan chiziqli oshadi.

**n – katoddan 1s da chiqadigan elektronlar soni
 m - elektron massasi, e -elektron zaryadi
 ν – elektron tezligi**

Fotoeffektning birinchi qonuni

Tushayotgan yorug'likning qayd qilingan chastotasida birlik vaqtda fotokatod chiqaradigan fotoelektronlar soni yorug'lik jadalligiga proporsional (to'yinish fototokining kuchi katodning energetik yoritilganligiga bog'liq).



Fotoeffektning ikkinchi qonuni

Fotoelektronlarning maksimal boshlang'ich tezligi (maksimal boshlang'ich kinetik energiyasi) tushayotgan yorug'lik jadalligiga bog'liq emas va faqat uning chastotasi ν bilan aniqlanadi.

TUSHAYOTGAN
YORUG'LIK
CHASTOTASI

TUSHAYOTGAN
FOTON ENERGIYASI

ELEKTRON
ENERGIYASI

FOTOELEKTRON
TEZLIGI

FOTOELEKTRONNING
KINETIİK ENERGIYASI

RASMIY MANTIQ

$$E_0 = h\nu$$

foton
energiyasi

Fotoeffektning uchinchi qonuni

Har bir modda uchun fotoeffektning qizil chegarasi mavjud – yorug'likning minimal chastotasi (yoki maksimal to'lqin uzunligi) bo'lib, undan past chastotalarda fotoeffektning imkoni bo'lmaydi (qizil chegara moddaning kimyoviy tabiatiga va uning sirt holatiga boq'liq).

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

$$\lambda_{\max} = \frac{hc}{A}$$

Fotoeffekt boshlanadigan tushayotgan yorug'likning minimal chastotasi yoki maksimal to'lqin uzunligi fotoeffektning qizil chegarasi deb ataladi.

3-reja:

- Eyunshteyn tenglamasi.
- Fotonning massasi va impulsi.
 - Kompton effekti

Eynshteyn nazariyasi

Elektromagnit nurlanishning yorug'likning vakuumdagi tezligida tarqalayotgan kvantlari fotonlar deb ataladi.

Foton energiyasi $E = h\nu$

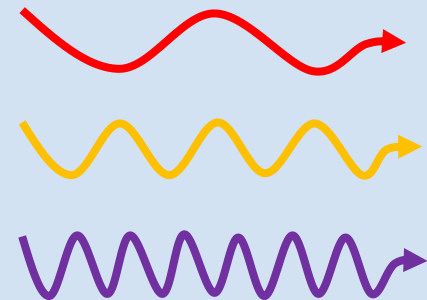
$$h = 4,136 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

Fotonning tinchlikdagi massasi $m_0 = 0$

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

Foton impulsu $p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}$



Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi

Tushayotgan fotonning energiyasi elektronning metall dan chiqish ishiga va uchib chiqqan fotoelektronga kinetik energiya berishga sarf bo'ladi.

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

Eynshteyn tenglamasining boshqa shakli

$$eU_3 = h\nu - A$$

Elektronni metall dan chiqarish uchun zarur bo'lgan minimal energiya elektronning chiqish ishi deb ataladi.

$$A = h\nu_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$$

Fotoeffekt uchun Eynshteyn tenglamasi

Tushayotgan fotonning energiyasi elektronning metall dan chiqish ishiga va uchib chiqqan fotoelektronga kinetik energiya berishga sarf bo'ladi.

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

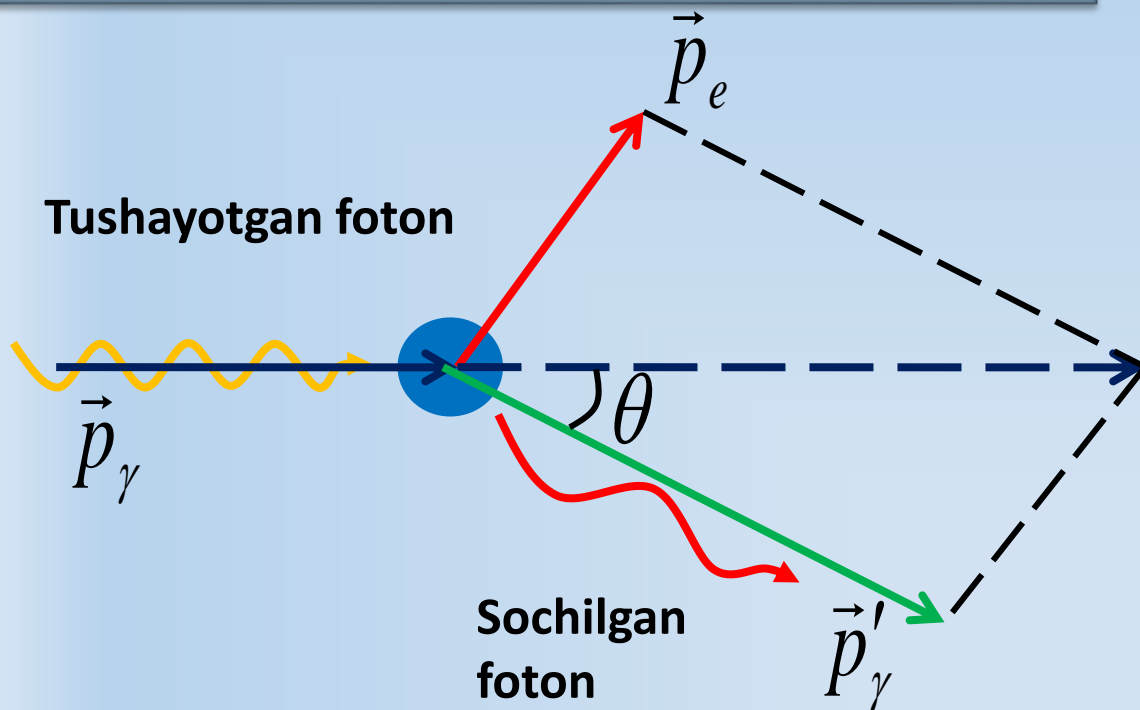
Eynshteyn tenglamasining boshqa shakli

$$eU_3 = h\nu - A$$

Elektronni metall dan chiqarish uchun zarur bo'lgan minimal energiya elektronning chiqish ishi deb ataladi.

$$A = h\nu_{\min} = \frac{hc}{\lambda_{\max}}$$

Kompton effekti



Foton modda elektroni bilan elastik to'qnashadi, energiya impulsining bir qismini unga beradi va harakat yo'nalishini o'zgartiradi (sochiladi).

θ – sochilish burchagi

Yorug'likning korpuskulyar xususiyatlari Kompton effektida aniq namoyon bo'ladi — unda qisqa to'lqinli elektromagnit nurlanishlar (rentgen va γ nurlar) moddaning erkin elektronlarida elastik sochiladi va bunda to'lqin uzunligi uzayadi.

$$\varepsilon_\gamma = h\nu \quad \text{- foton energiyasi}$$

$$p_\gamma = \frac{h\nu}{c} \quad \text{- foton impulsi}$$

$$W_0 = m_e c^2 \quad \text{- elektron tinchlik energiyasi}$$

m_e — elektron tinchlikdagi massasi

$$W_0 + \varepsilon_\gamma = W + \varepsilon'_\gamma \quad \text{- energiya saqlanish qonuni}$$

$$\vec{p}_\gamma = \vec{p}_e + \vec{p}'_\gamma \quad \text{- impuls saqlanish qonuni}$$

$$W = \sqrt{p_e^2 c^2 + m_e^2 c^4} \quad \text{— elektronning to'qnashgandan keyingi relyativistik energiyasi}$$

$$\varepsilon'_\gamma = h\nu' \quad \text{- fotonning sochilish energiyasi}$$

$$p'_\gamma = \frac{h\nu'}{c} \quad \text{- fotonning sochilish impulsi}$$

Kompton to'lqin uzunligi

$$\lambda_C^e = \frac{h}{m_e c} = 2,43 \cdot 10^{-12} m$$

SOCHILGAN NURLANISH TO'LQIN UZUNLIGINING OSHISHI

$$\Delta\lambda = 2\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\varepsilon_\gamma = h\nu$$

$$\varepsilon'_\gamma = h\nu'$$

$$W_0 + \varepsilon_\gamma = W + \varepsilon'_\gamma$$

$$W_0 = m_e c^2$$

$$W = \sqrt{p_e^2 c^2 + m_e^2 c^4}$$

$$m_e c^2 + h\nu = \sqrt{p_e^2 c^2 + m_e^2 c^4} + h\nu'$$

$$m_e c^2 (\nu - \nu') = h\nu\nu' \cos \theta$$

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

$$\Delta\lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$
$$\lambda_c^e = \frac{h}{m_e c} = 2,43 \cdot 10^{-12} \text{ m}$$

$$p_e^2 = p_\gamma^2 + p_\gamma'^2 - p_\gamma p_\gamma' \cos \theta = \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu'}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{h^2\nu\nu'}{c^2}\right) \cos \theta$$

Impulsning saqlanish qonuni

$$\vec{p}_\gamma = \vec{p}_e + \vec{p}'_\gamma$$

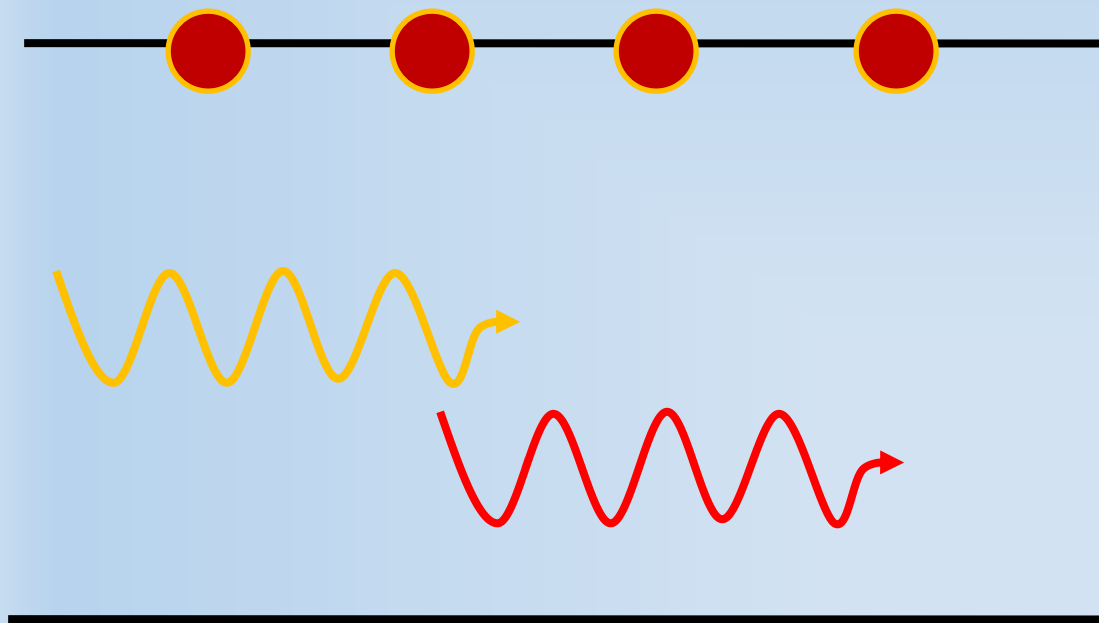
Yutilish

Atomlar uzoq vaqt (10^{-3} s tartibda) davomida bo'lishi mumkin bo'lgan energetik sathlar metastabil sathlar deb ataladi.



Tashqi ta'sirlar bo'lmaganida atom cheksiz uzoq vaqt davomida stabil qoladigan holat - eng kam energiyali asosiy holat hisoblanadi.

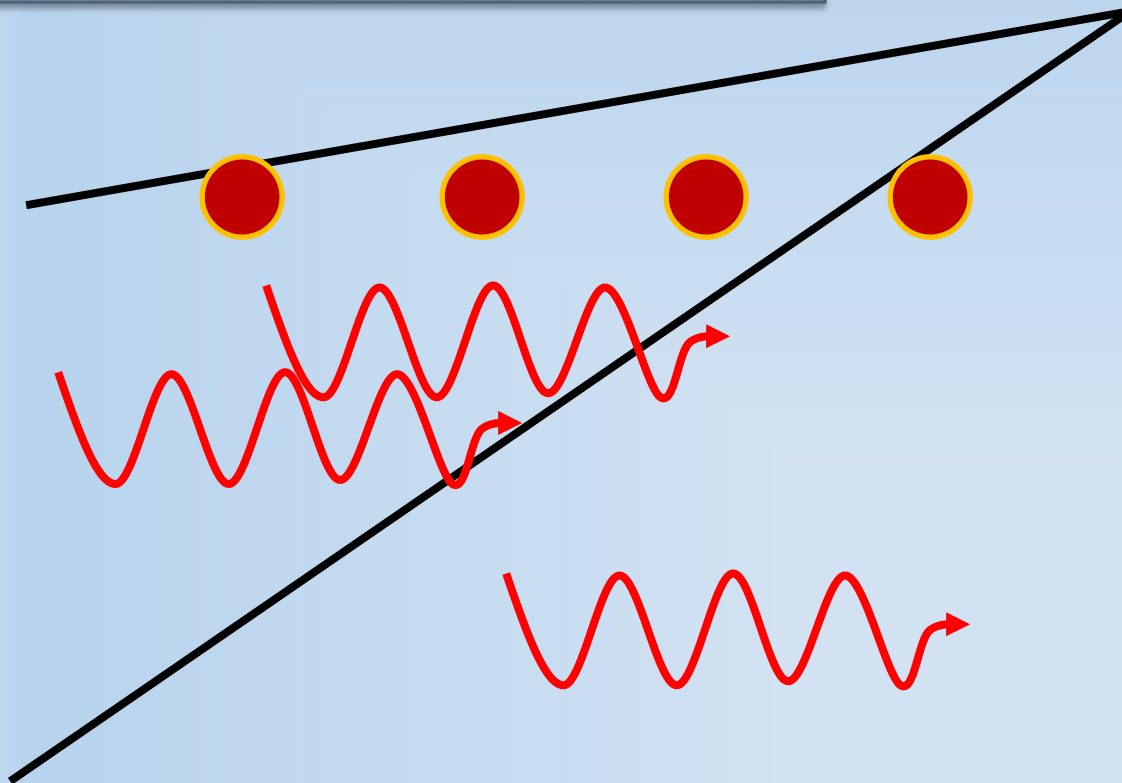
Spontan nurlanish



Atomlarning bir kvant holatidan ikkinchisiga boshqa atomlar bilan ta'sirlashuvi yoki elektronlar bilan to'qnashuvi natijasida fotonlar yutilmagan yoki chiqarilmagan o'tishlari nurlanishsiz o'tishlar deb ataladi.

Atomning bir holatdan boshqasiga o'z-o'zicha o'tishida chiqadigan nurlanish spontan nurlanish deb ataladi.

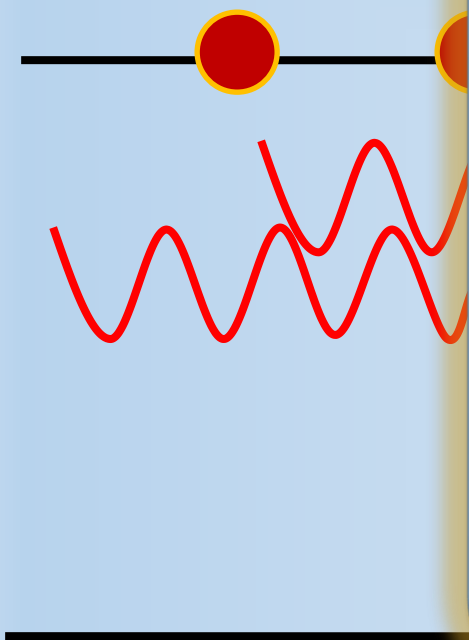
Indutsiyalangan nurlanish



Atomdagi elektronning tashqi elektromagnit maydon ta'sirida yuqori energetik sathdan quyi sathga o'tishida majburiy yoki indutsiyalangan nurlanish paydo bo'ladi.

Indutsiyalangan nurlanish

Majburiy nurlanishning spontan nurlanishdan farqi:



1. Majburiy nurlanish qat'iy ravishda uni keltirib chiqargan nurlanish yo'nalishida tarqaladi.

2. Atom chiqarayotgan nurlanish to'lqin fazasi tushayotgan to'lqin fazasi bilan aniq mos keladi.

3. Majburiy nurlanish tushayotgan nurlanish qutblangan tekislikda chiziqli qutblanadi.

Atomdagi elektronning tashqi elektromagnit maydon ta'sirida yuqori energetik sathdan quyi sathga o'tishida majburiy yoki indutsiyalangan nurlanish paydo bo'ladi.

Yangi mavzuni mustahkamlash uchun savollar:

- 1. Nega yulduzlar kunduzi ko'rinmaydi?
- 2. Nega qimmatbaho toshlar yaltiraydi?
- 3. Biz nima uchun har xil ranglarni ko'ra olamiz?
- 4. Vakuumdagi to'lqin uzunligi 660 nm bo'lgan qizil yorug'lik nuri havodan suvga o'tib tarqalmoqda. Uning suvdagi to'lqin uzunligi aniqlansin. Suv ostida ko'zini ochgan kishi qanday rangni ko'radi?

Yangi mavzu bo'yicha mustaqil topshiriqlar:

- 1. Nurlanishning elementar kvant nazariyasi.
Plank formulasi.
- 2. Lazerlar va ularning sohadagi ahamiyati.
Yorug'lik bosimi.

Foydalaniladigan adabiyotlar:

- ***ASOSIY ADABIYOTLAR:***

- 1. “Physics” , Douglas Giancoli, USA, 2014
- 2. Savelyev I. B. “Umumiy fizika kursi” darslik 3-qism, Toshkent 1992
- 3. Sulstonov N. A. “Fizika kursi” Darslik - 2007
- 4. Trofimova T.I. Kurs ishi, 1990 yil

- **Qo’shimcha adabiyotlar:**

- 5. A. N. Ulukmuradov , O' B. O'ljayev, O. Abdullayev “Optika va yadro fizikasi” Metodik qo'llanma 2018
- 6. В. С. Волькенштейн “Сборник задач по общему курсу физики” Санкт Петербург Книжный мир 2006
- ***Internet saytlar:***
- 7. [www.phus](http://www.phus.ru) ru.
- 8. [www.google](http://www.google.ru) . ru

• E'TIBORINGIZ
UCHUN
RAHMAT

Politropik jarayonlar ($C=const$).

- Issiqlik sig'imi o'zgarmay qoladigan jarayonlar **politropik jarayon deb ataladi**
- Yuqorida ko'rilgan izoxorik, izobarik, izotermik va adiabatik jarayonlar politropik jarayonning xususiy holi hisolanadi.
- Politrop tenglamasi

$$pV^n = const$$

- $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$ - politrop ko'rsatkichi.

Turli jarayonlar uchun issiqlik sig'imi qiymatlari va politrop ko'rsatkichlari

Jarayon	C	n
Adiabatik	$C = 0$	$n = \gamma$
Izotermik	$C = \infty$	$n = 1$
Izobarik	$C = C_p$	$n = 0$
Izoxorik	$C = C_v$	$n = \pm\infty$

$$pV^n = const$$

$$n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$$

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

- C.Douglas Giancoli ,Physics: Principles with Applications, Prentice Hall; 7th edition, 2014 USA
- Raymond A. Serway , John W. Jewett . Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Cengage Learning; 9 edition , 2013, Brooks/cole 20 Channel Center Street Boston, MA 02210 USA.
- Sultanov N. Fizika kursi. Darslik, T: Fan va Texnologiya, 2007
- Исмоилов М., Хабибуллаев П.К., Халиулин М. Физика курси. Дарслик, Т: Ўзбекистон, 2000
- Абдурахмонов К.П., Эгамов Ў. Физика курси. Дарслик – Тошкент, 2010
- Камолхўжаев Ш.М., Гаибов А.Г., Химматқулов О. Механика ва молекуляр физикадан маърузалар матни. ТошДТУ, 2003.