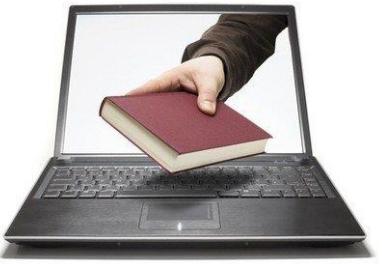




FIZIKA KAFEDRASI



Fizika II

2019

OPTIKA

9 – ma’ruza

K.P.Abduraxmanov,
V.S.Xamidov, M.F.Raxmatullaeva



TÁBIYIY HÁM
ANÍQ PÁNLER
KAFEDRASÍ



Fizika II

2023

OPTIKA

9 – lekciya. Kvant optikası.

Qaraqalpaq tiline awdarmalaǵan

S.G. Kaypnazarov



Lekciya rejesi

Jıllılıq nurlanıwı.

Absolyut qara deneniń jıllılıq nurlanıw nızamları.

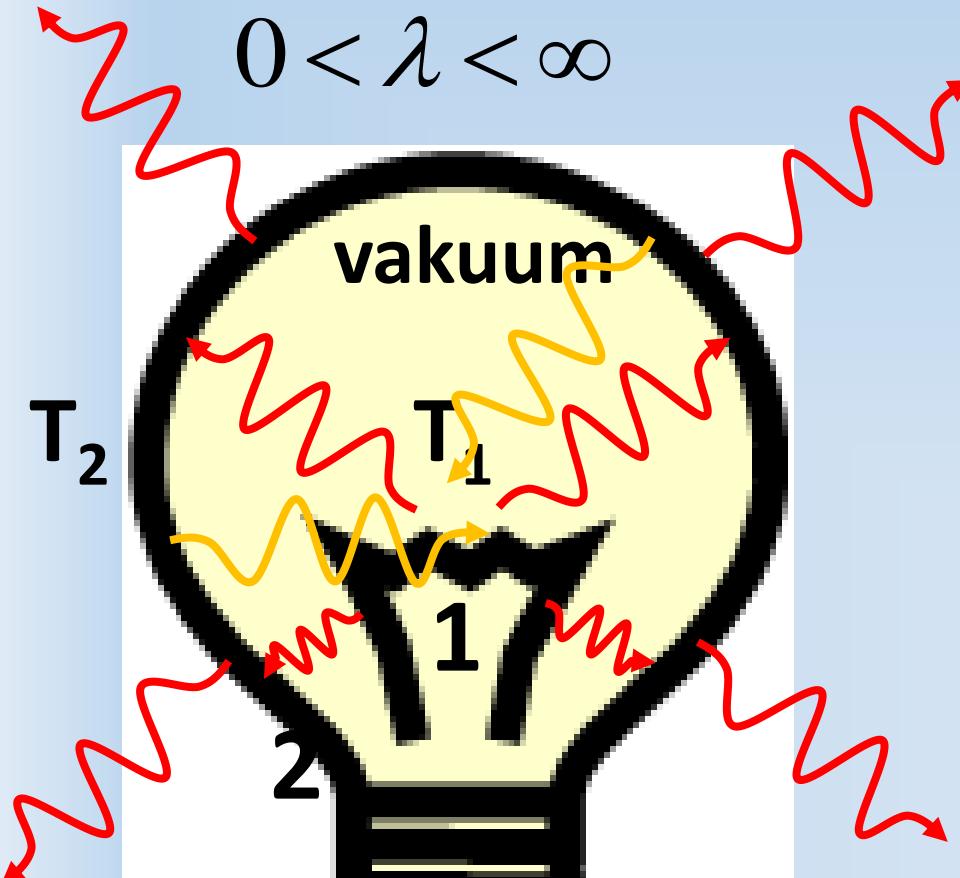
Fotoeffekt. Sırtqı fotoeffekt nızamları.

Sırtqı fotoeffektiń kvant teoriyası.

Kompton effekti.

Qızdırılıǵan denelerdiń nurlarıwı

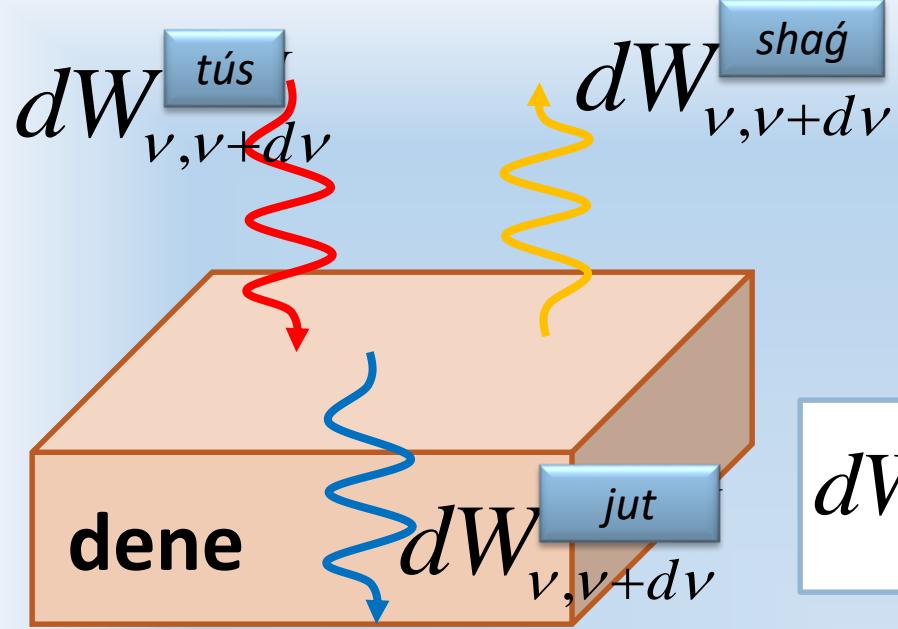
$$0 < \lambda < \infty$$



$$T_1 > T_2$$

Jıllılıq nurlarıwi joqarı temperaturalarda zattıń atom hám molekulalarınıń jıllılıq energiyası häreketi esabına júz beredi.

Jıllılıq nurlarıwında teń salmaqlılıq saqlanadı — dene birlik waqıtta qansha energiya jutsa, sonsha energiya nurlayıdı (shashadı).



Hár túrli tolqın üziniqliqtaǵı (λ) hám jiyiliktegi (v) tolqınlardıń nurlanıwı hám jutılıwı hár túrli jedelliklerde júz beredi.

$$dW_{v,v+dv}^{shaǵ} = dW_{v,v+dv}^{tús} - dW_{v,v+dv}^{jut}$$

$$A_v(v, T) = \frac{dW_v^{jut}}{dW_v^{tús}} \leq 1$$

v dan $v + dv$ ge shekemgi jiyilik keńliginde jutılıp atırǵan energiyanıń túsip atırǵan energiyaǵa qatnası ısitılǵan deneniń nur jutıw *qábleti dep* ataladı.

$$dW_{v,v+dv}^{tús}$$

v dan $v + dv$ ge shekemgi túsiwshi nurlanıwdıń energiyası

$$dW_{v,v+dv}^{shaǵ}$$

v dan $v + dv$ ge shekemgi jiyilikke iye shaǵılısıwshi nurlanıwdıń energiyası

$$dW_{v,v+dv}^{jut}$$

v dan $v + dv$ ge shekemgi jiyilikke iye jutılıwshi nurlanıwdıń energiyası

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

Qızdırılıǵan dene nurlağanda, bárshe baǵıtlar boyınsha, onıń birlik betinen ν dan $\nu + dv$ ge shekemgi jiyilik keńliginde elektromagnit tolqınlar energiyanı ózleri menen alıp ketedi hám bul qásiyet spektral nurlanıw qábileti dep ataladı.

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

Qızdırılıǵan deneniń energetikalıq jaqtırıwshańlığı – bul birlik maydannan birlik waqıt ishinde jıllılıq nurlanıwı alıp ketetuǵın energiya.

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

Nurlanıwdı shıǵarıw qásiyetiniń tolqın uzınlığına baylanıslılığı tómendegishe:

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

Kirxgof nızamı

Qızdırılğan deneler sisteması hám jıllılıq nurlanıwı teń salmaqlılıq halatına kelgende bárshe nurlanıp atırǵan hám jutıp atırǵan deneler temperaturaları birdey boladı. Nurlanıw hám jutılıw qábletleri qatnası qızdırılğan deneniń kórinisi hám halatına baylanışlı bolmay, tolqın uzınlığı yaki jiyiliktiń universal funkciyası.

Kirxgof nızamı denelerdiń nurlanıw
hám jutılıw qábletleriniń
ózara qatnasların anıqlaydı.

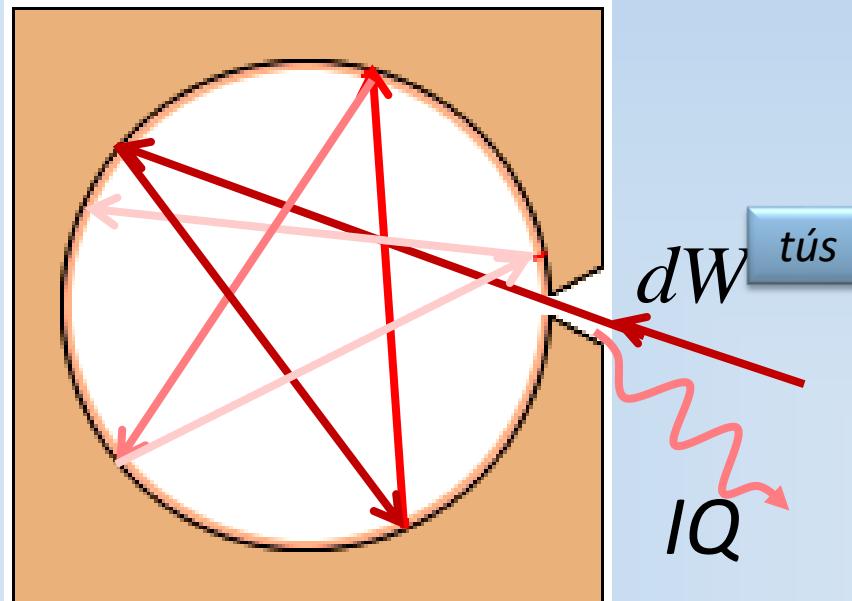
$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1 \text{ dene}} = \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2 \text{ dene}} = \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{3 \text{ dene}} = f(\nu, T)$$

$$\left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{1 \text{ dene}} > \left. \frac{R_{\nu,T}}{A_{\nu,T}} \right|_{2 \text{ dene}}$$

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

Jıllılıq teń salmaqlılığı
shártine sáykes

Absolyut qara dene



Qálegen jiyiliktegi túsip atırǵan nurlanıwdı, qálegen temperaturalarda jutıw qásiyetine iye bolǵan deneler *absolyut qara deneler* dep ataladı.

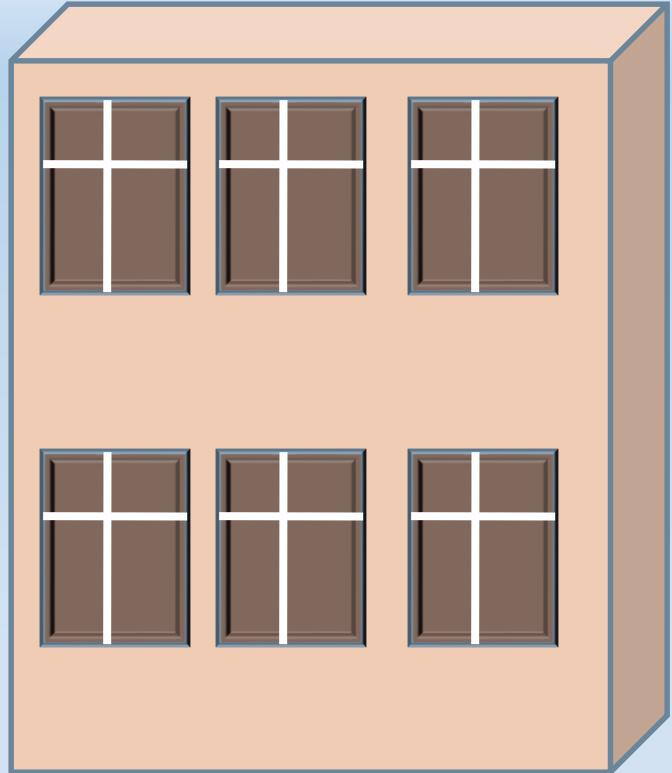
Bárshe jiyilik hám temperaturalarda absolyut qara deneniń spektral jutıw qábleti birge teń boladı:

Absolyut qara deneler:
•KÚL
•QARA DUXOBA
•JULDÍZLARDÍN
NURLAP ATÍRĞAN BETI

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

Absolyut qara dene ushın Kirxgof nızamı

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



ÚY

Jiyilik asqanda - tolqın uzınlığı kemeyedi.



INFRAQÍZÍL ZONA

ULTRAFIOLET ZONA

Absolyut qara dene tek jaqtılıqtı jutpaydı, bálkim nur shıgaradı, sol sebepli, málım temperaturada jıllılıq teń salmaqlılığı halatı júzege keledi. Absolyut qara dene jıllılıq nurlanıwı sıpatında qansha energiya jutqan bolsa, sonsha shıgaradı .

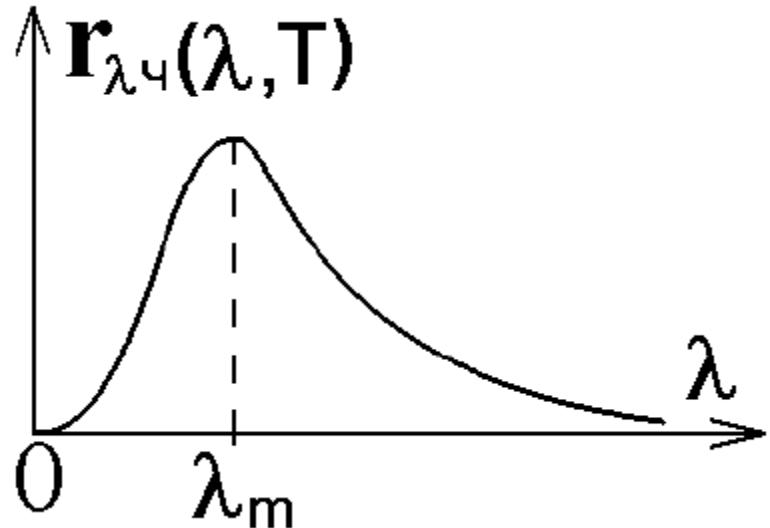
Nur jutıw qábleti birden kishi, bárshı jiyilikler diapazonında birdey, material temperaturasına hám deneniń beti halatına baylanıslı bolǵan deneler *kúl reń deneler* dep ataladı.

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

Kúl reń deneniń energetikalıq nur shıgarıw qábleti
(ν boyınsıha integral):

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

Stefan-Bolcman nızamı



Qara deneniń nur shıǵarıw qábileti tolqın uzınlığına baylanıslı bolıp λ_{\max} da maksimumǵa erisedi. Áne sol tolqın uzınlığı jıllılıq nurlanıwınıń itimalı úlken bolǵan tolqın uzınlığı dep ataladı.

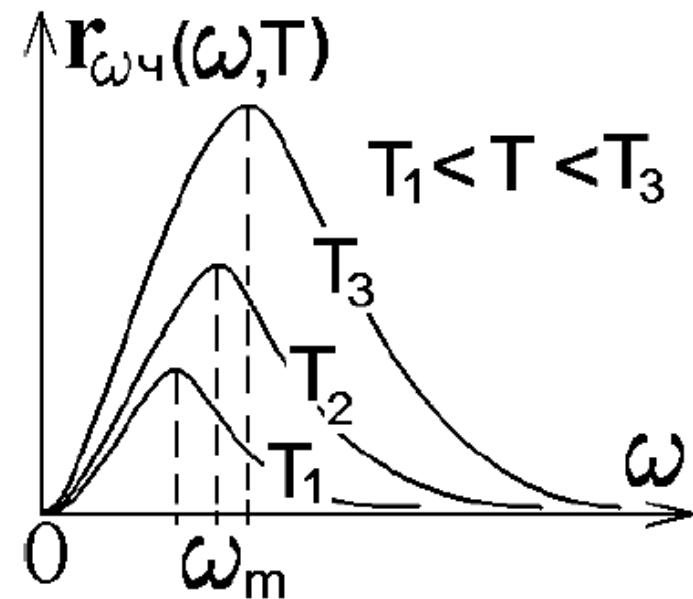
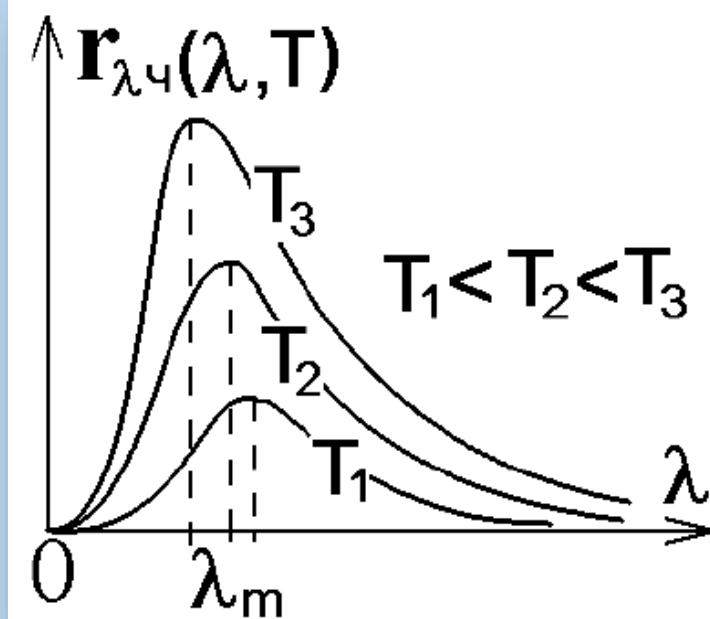
Qara deneniń energetikalıq jaqtırtılganlığı termodinamik temperaturanıń tórtinshi dárejesine proporsional:

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

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot K^4\text{)} - \text{Stefan-Bolcman turaqlısı}$$

Vinniń jılıjıw nızamı

Vin nızamı – jılıjıw nızamı dep atalıwınıń mánisi, absolüt qara deneniń temperaturası asqanda, nur shıǵarıw qábletiń maksimumı qısqa tolqın uzınlığı (joqarı jiyilik) zonası taman jılıjıdı.



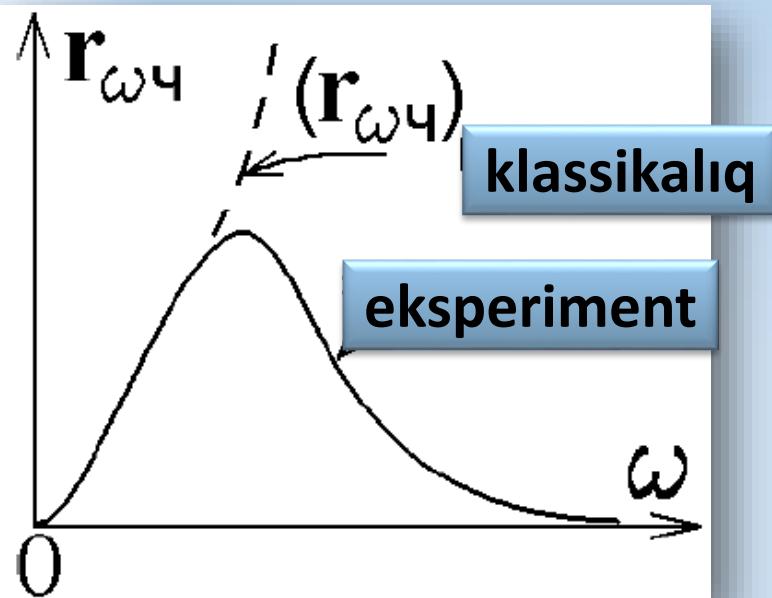
Vinniń jılıjıw nızamı

- Qara deneniń nur shıǵarıw qábleti $R_{\nu, T}$,
 λ_{\max} tolqın uzınlıǵında maksimumǵa erisedi,
- Termodinamikalıq temperaturaǵa keri proporsional boladı:

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

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

Reley- Jins hám Vin ańlatpaları



$$R_{v,T} = \frac{2\pi v^2}{c^2} \langle \epsilon \rangle = \frac{2\pi v^2}{c^2} kT$$

$$R_e = \int_0^{\infty} r_{v,T} dv = \frac{2\pi k T}{c^2} \int_0^{\infty} v^2 dv = \infty$$

JUWMAQ:

Klassikalıq fizika nızamların
jılılıq nurlanıwǵa qollanıp
bolmaydı.

Joqarıda keltirilgen ańlatpaǵa tiykarlanıp qızdırılǵan deneniń bárshe energiyası, dárhal, júdá úlken jiyilik hám kishi tolqın uzınlıqqa iye bolǵan nurlanıw kórinisinde nurlanıwı zárür, yaǵníy qızdırılǵan denelerdiń nur shıǵarıw qábileti, ultrafiolet spektri zonasında júdá úlken energiyaǵa erisip, shegaralanbastan asadı.

Plank gipotezası (1900 j.)

Plank gipotezasına muwapiq, zattıń nur shıǵarıwı hám jutıwı úzliksiz júz bermey, shekli porciyalar – *energiya kvantları arqalı júz beredi.*

Energiya kvantları shaması nurlanıw jiyiligine baylanıslı boladı

$$\varepsilon_0 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = h\omega$$

$h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Dj·s - Plank turaqlısı

Energiya porciya kórinisinde nurlangáni ushın, ossillyator energiyası tek anıq diskret – kvantlardıń pútin sanlarına eseli bolǵan mánislerdi qabil qıladı:

$$\varepsilon = nh\nu \quad (n = 1,2,3\dots)$$

KLASSIK TEORIYADA

KVANT TEORIYADA

Ossillyatordıń ortasha energiyası

$$\langle \varepsilon \rangle = kT$$

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$$

Kirxgoftıń universal funkciyası
(nur shıǵarıw qábleti)

$$r_{v,T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \langle \varepsilon \rangle = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} kT$$

$$r_{v,T} = \frac{2\pi h\nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1}$$

Kishi jiyilikler zonasında

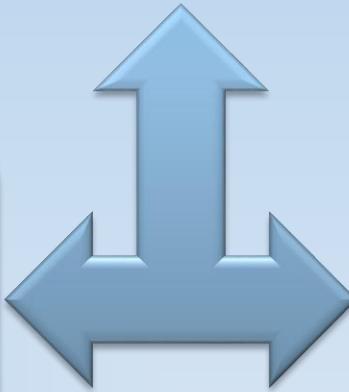
$$h\nu \ll kT$$

Plank ańlatpası klassik koriniske ótedi.

$$\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) \approx 1 + \frac{h\nu}{kT}$$

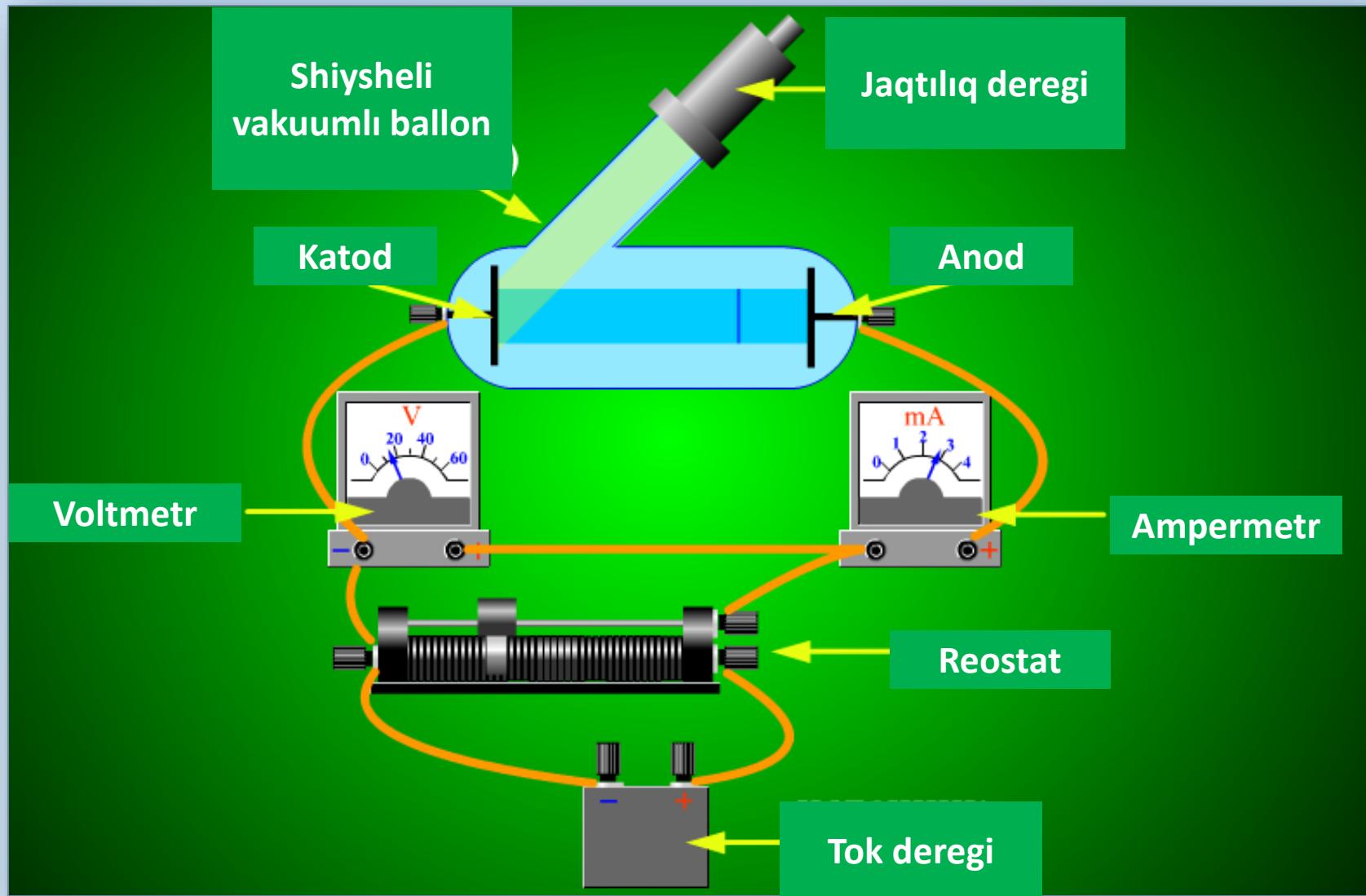
Fotoelektrik effekt dep elektromagnit nurlanıw tásirinde elektronlardı urıp shıǵarıw hádiysesine aytılıdı.

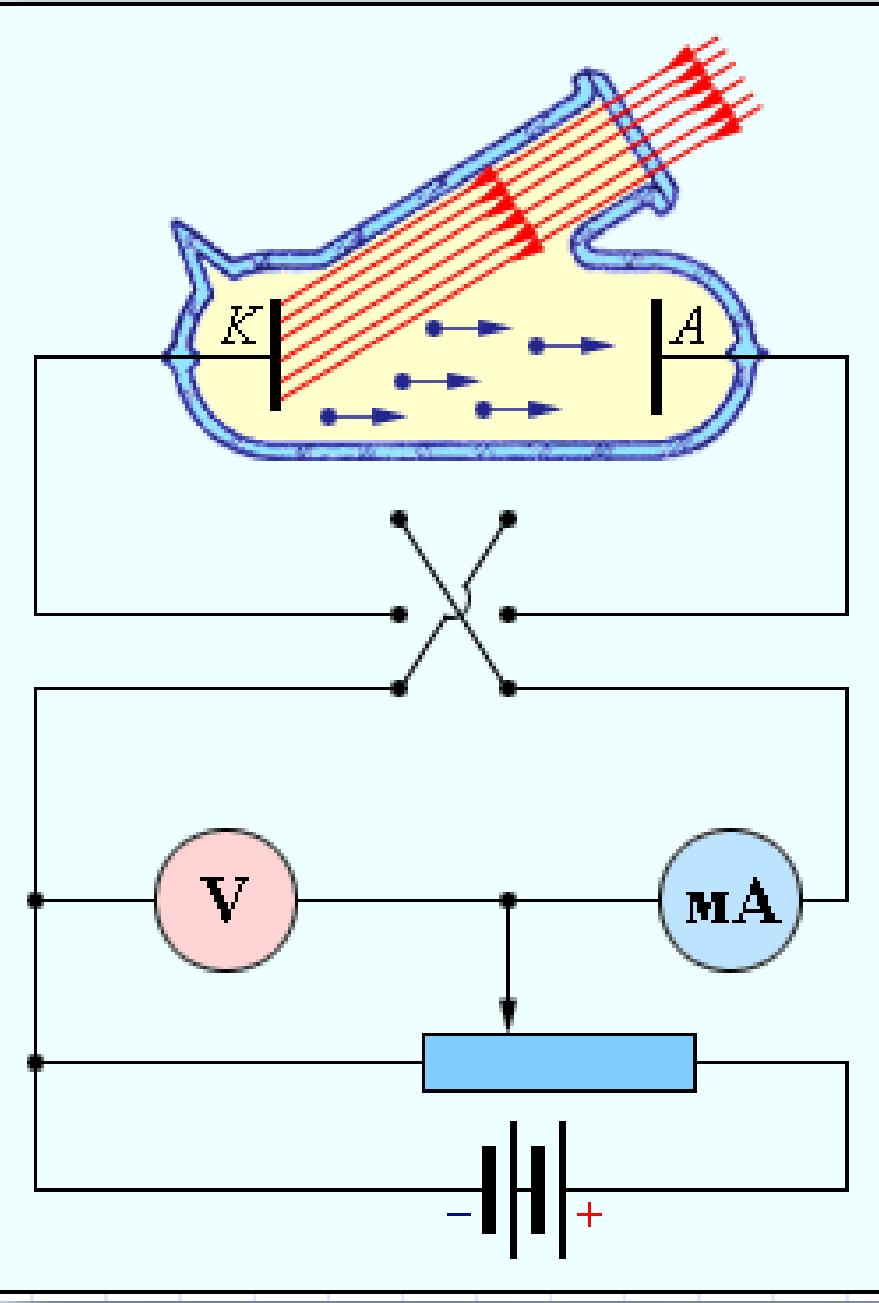
Sırtqı fotoeffekt - fotoelektron emissiya – bul elektromagnit nurlanıw tásirinde zatlardan elektronlardı vakuumǵa shıǵarıw hádiyesi.



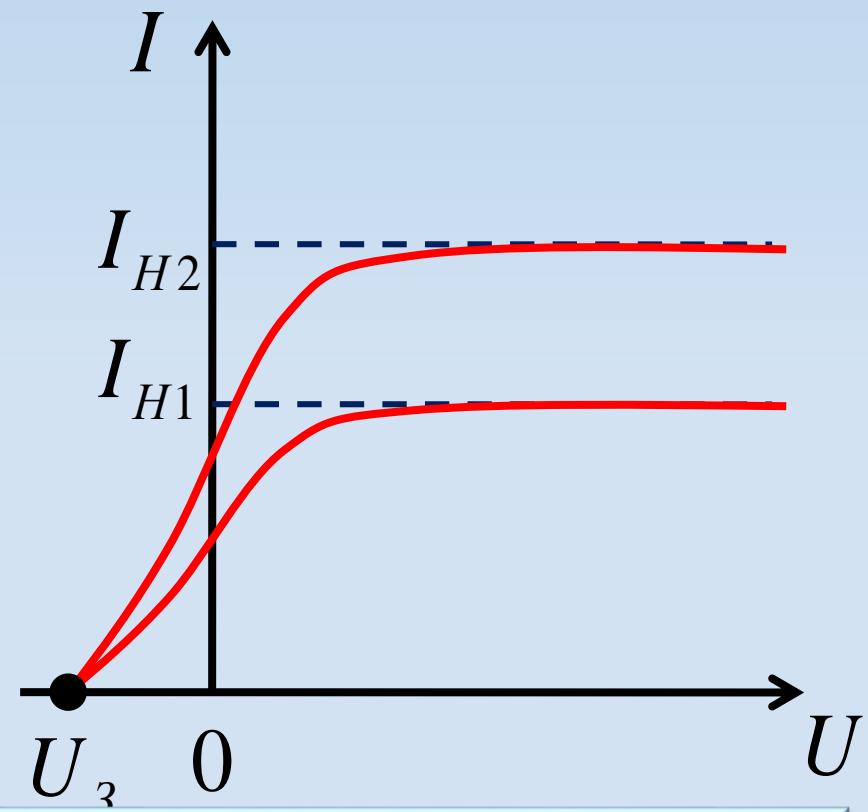
Ishki fotoeffekt –bul elektromagnit nurlanıw tásirinde yarı� ótkizgish yaki dielektriklerde elektronlardı baylanısqan energetik halattan erkin halatqa ótkiziw hádiyesi.

Fotoeffekt tájiriybesiniń sızılması





Sırtqı fotoeffekt hädiyesiniň
volt – amper xarakteristikası



I_{H1} hám I_{H2} - toyınıw tokı
 U_3 - toqtatıwshı potencial

Toyınıw fototokı – katodtan shıǵıp atırǵan bárshe elektronlardıń anodqa jetip kelgendegi payda bolǵan tokı

$$I_{toy} = ne$$

Toqtatıp qalıwshı kernew – fototok I ge teń bolıwına alıp keliwshi keri kernewdiń minimal mánisine teń.

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

Bekitiwshi potencial (toqtatıp qalıwshı kernew) túsip atırǵan jaqtılıq aǵımı jedelligine baylanıslı bolmay, jaqtılıq jiyiligi ν artıwı menen sızıqlı artıp baradı.

n – katodtıń 1 s ta shıǵaratuǵın elektronları sanı
 m – elektron massası, e – elektron zaryadı,
 v – elektron tezligi.

Fotoeffektiń birinshi nızamı

Katodqa túsip atırǵan jaqtılıqtıń belgilengen jiyiliginde, birlik waqıtta katodtan ajralıp shıǵıp atırǵan fotoelektronlar sanı jaqtılıq jedelligine proporsional (toyınıw fototokı mánisi katodtuń energetikalıq jaqtırtılǵanlıǵına proporsional).

Jaqtılıq deregi
quwatlılıǵı



$$I_{toy} = ne$$

Logikalıq baylanıs

Túsip atırǵan jaqtılıq
jedelligi



Túsip atırǵan
fotonlar
sanı

Urıp shıgarılıǵan
elektronlar
sanı



Toyınıw fototokı

Fotoeffektiń ekinshi nızamı

Fotoelektronlar baslangısh tezliginiń maksimal mánisi katodqa túsip atırǵan jaqtılıq jedelligine baylanıslı bolmay, tek ν jiyilikke baylanıslı bolıp, onıń asıwı menen sızıqlı ósip baradı.

Túsip atırǵan jaqtılıq
jiyiliği

Túsip atırǵan
fotonnıń energiyası

$$E_0 = h\nu$$

foton
energiyası

logikalıq baylanıs

Elektron energiyası

Fotoelektron tezligi

Fotoelektronnıń
kinetikalıq energiyası

Fotoeffektiń úshinshi nızamı

Hár bir zat ushın fotoeffektiń «qızıl shegarası» bar, yańıy jaqtılıqtıń ν_0 – minimal jiyiliği bar bolıp, bul jiyilikte jaqtılıqtıń qálegen jedelliginde fotoeffekt baslanadı.

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

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

Eynshteyn teoriyası

Jaqtılıq tarqalıwın úzliksiz tolqın procesi dep oylamay, onı keńislikte diskret jaqtılıq kvantları aǵımı sıpatında, vakuumda bolsa c tarqalıw tezligi menen háraketlenedi, dep esaplaw kerek. Bul elektromagnit nurlanıw kvantları *fotonlar* dep ataladı.

Foton enerjiyası

$$E = h\nu$$

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

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

Tıňish halattaǵı
fotonnıń massası

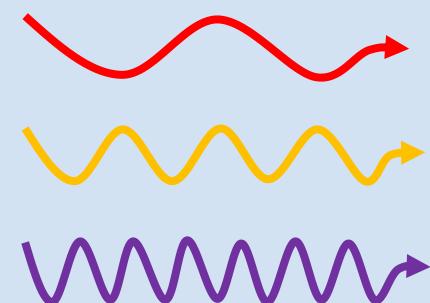
$$m_0 = 0$$

Foton massası

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

Foton impulsı

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



Fotoeffektiń Eynshteyn teńlemesi

Katodqa túsip atırǵan foton energiyası elektronniń metaldan shıǵıw jumısın (A) jeńiwe hám shıǵıp atırǵan fotoelektronǵa kinetikalıq energiya beriwe sarp boladı.

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

Eynshteyn teńlemesiniń basqasha kórinisi

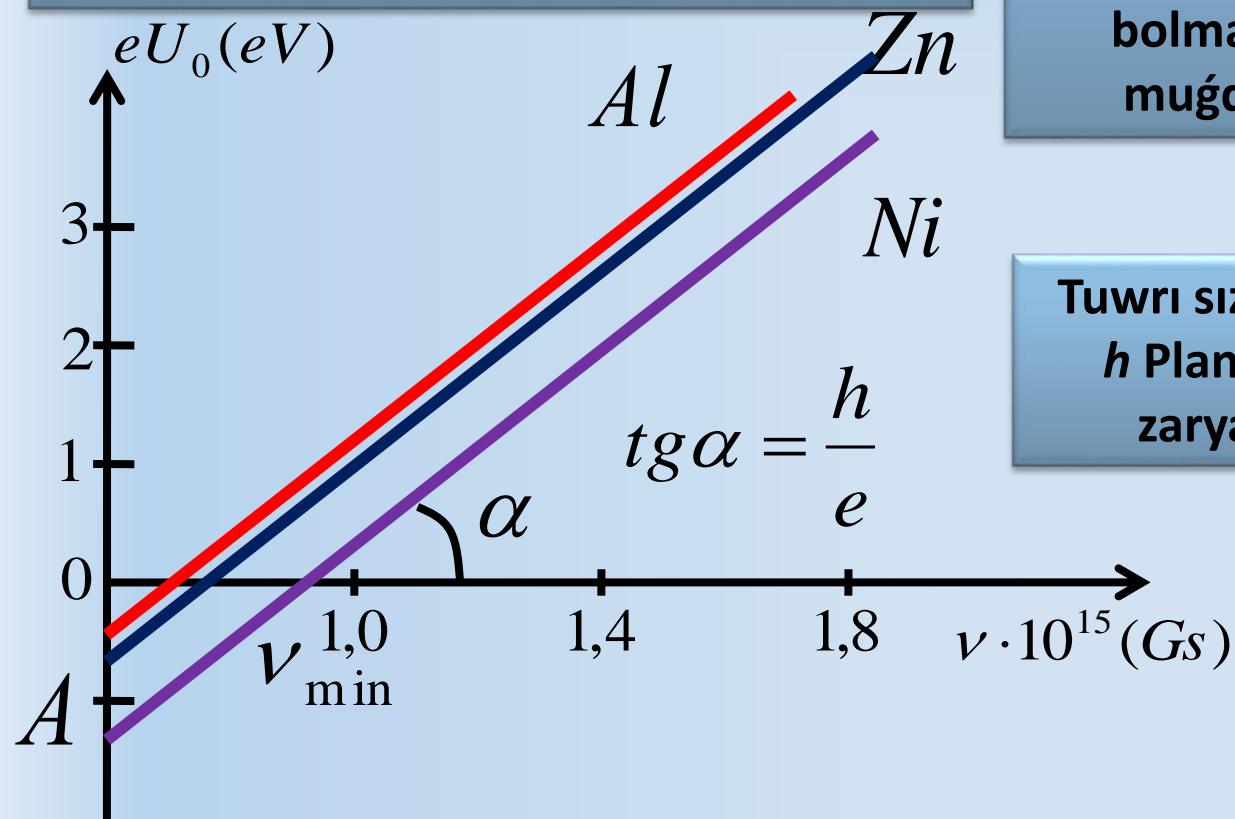
$$eU_3 = h\nu - A$$

Zattan elektronniń shıǵıwı ushın zárúr bolǵan minimal energiya elektronniń shıǵıw jumısı dep ataladı.

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

Ayrım metallar ushın fotoelektronlardıń maksimal kinetikalıq energiyasınıń túsip atırǵan jaqtılıq jiyiligine baylanıslılığı

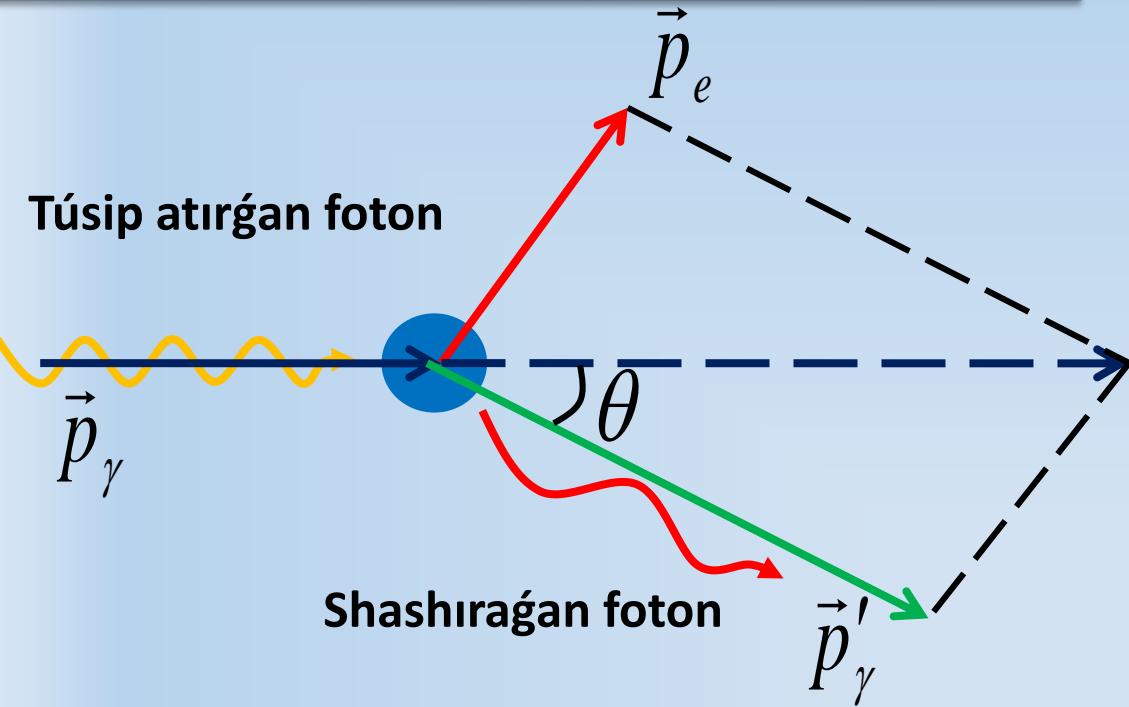
Ordinata kósherindegi kesilgen kesindiler metallardan elektronlardıń shıǵıw jumısına muǵdar jaǵınan teń boladı.



Bul tuwındı $d(eU_0)/dv$ katod materialına baylanıslı bolmay, Plank turaqlısı h qa muǵdar jaǵınan teń boladı.

Tuwrı sızıq müyeshiniń tangensi h Plank turaqlısınıń elektron zaryadına qatnasına teń.

Kompton effekti



Foton zattıń elektronı menen elastik soqlıǵısadı, oǵan óz energiyası hám impulsiniń bir bólimin uzatadı hám háreket baǵıtın ózgertedi.

θ - shashıraw müyeshi

Ultraqısqı tolqınlı elektromagnit nurlarıwdıń zatlardaǵı erkin elektronlarda, tolqın uzınlığı asıwı menen baylanıslı elastik shashırawı – *Kompton effekti* dep ataladı.

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

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

$$W_0 = m_e c^2 \quad \text{- tıňış halattaǵı elektronniń energiyası}$$

m_e — elektronniń massası

$$W_0 + \varepsilon_{\gamma} = W + \varepsilon'_{\gamma} \quad \text{- energiyanıń saqlanıw nızamı,}$$

$$\vec{p}_{\gamma} = \vec{p}_e + \vec{p}'_{\gamma} \quad \text{- impulstiń saqlanıw nızamı}$$

$$W = \sqrt{p_e^2 c^2 + m_e^2 c^4} \quad \text{— urılıwdan soń elektronniń relyativistikalıq energiyası}$$

$$\varepsilon'_{\gamma} = h\nu' \quad \text{- shashıraqan fotonniń energiyası}$$

$$p'_{\gamma} = \frac{h\nu'}{c} \quad \text{- shashıraqan fotonniń impulsı}$$

Kompton tolqın uzınlığı

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

Shashıraqan nurlanıwdıń tolqın uzınlığınıń úlkeyiwi

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

Energiyanıń saqlanıw nızamı

$$\mathcal{E}_\gamma = h\nu$$

$$W_0 = m_e c^2$$

$$\mathcal{E}'_\gamma = h\nu'$$

$$W_0 + \mathcal{E}_\gamma = W + \mathcal{E}'_\gamma$$

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

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

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

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

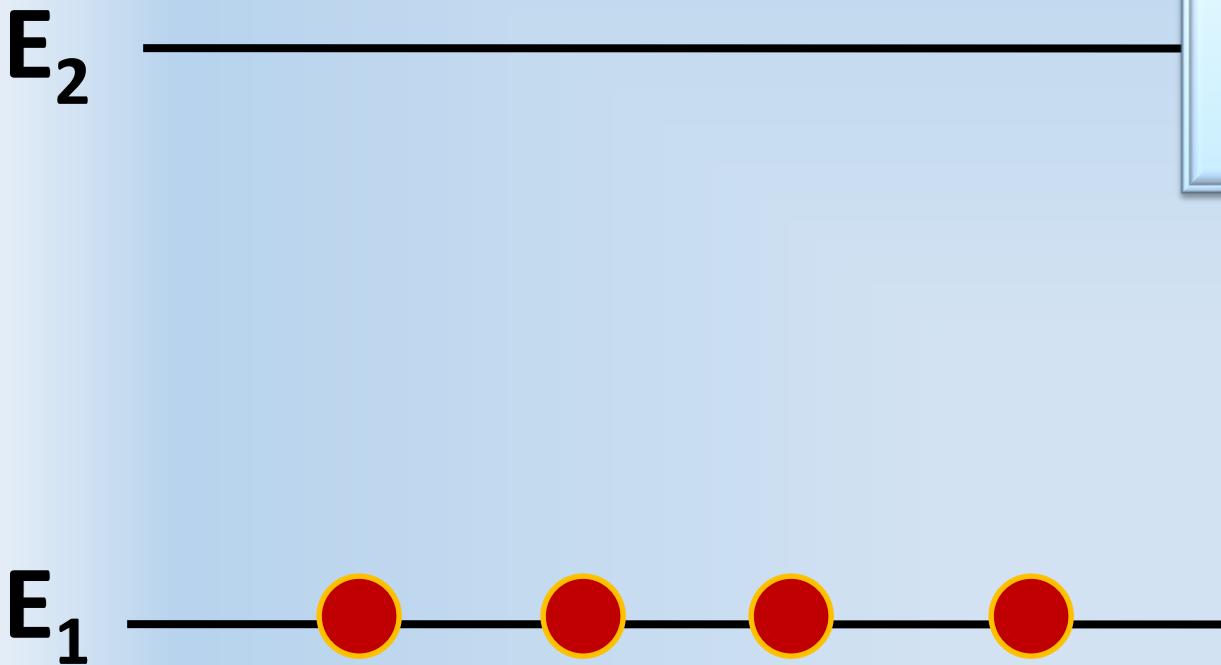
$$\Delta\lambda = 2\lambda_C \sin^2 \frac{\theta}{2}$$
$$\lambda_C^e = \frac{h}{m_e c} = 2,43 \cdot 10^{-12} m$$

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

**Impulstiń
saqlanıw nızamı**

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

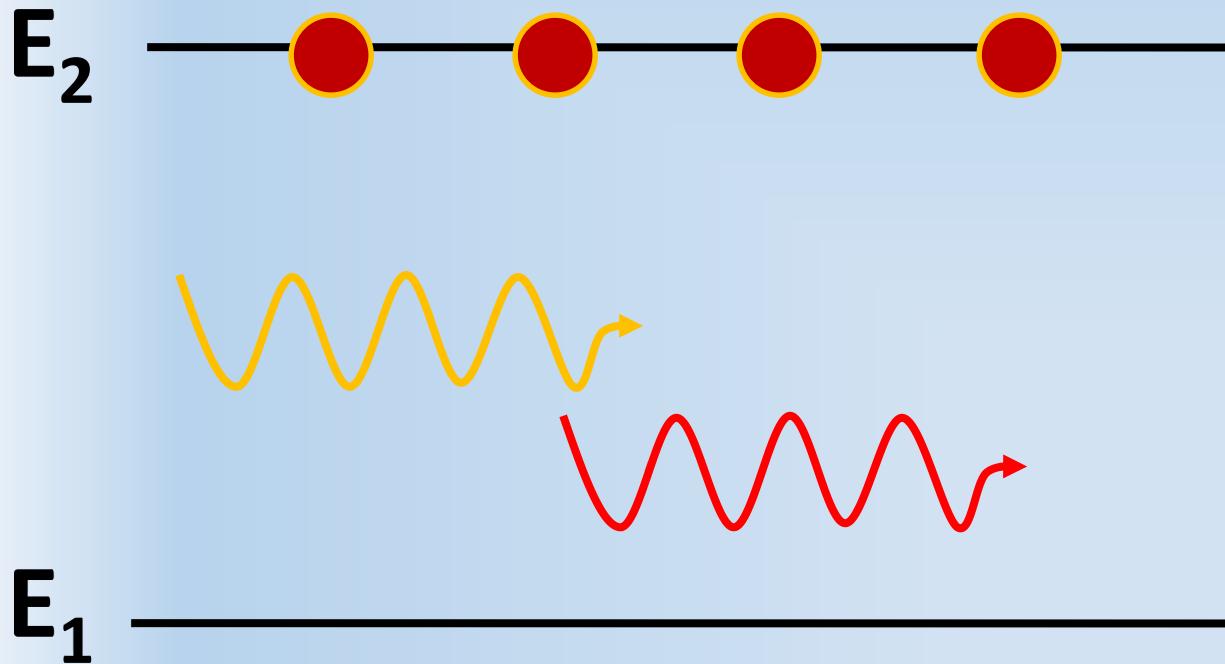
Jutılıw



Atom 10^{-3} s tan artıq waqıtta bolatuǵın energetik qáddiler *metastabil energetik qáddiler* dep ataladı.

Sırtçı tásır joqlığında, atom sheksiz uzaq waqıt bolatuǵın turǵın halatlar eń kishi energiyalı tiykarǵı halatlar esaplanadı.

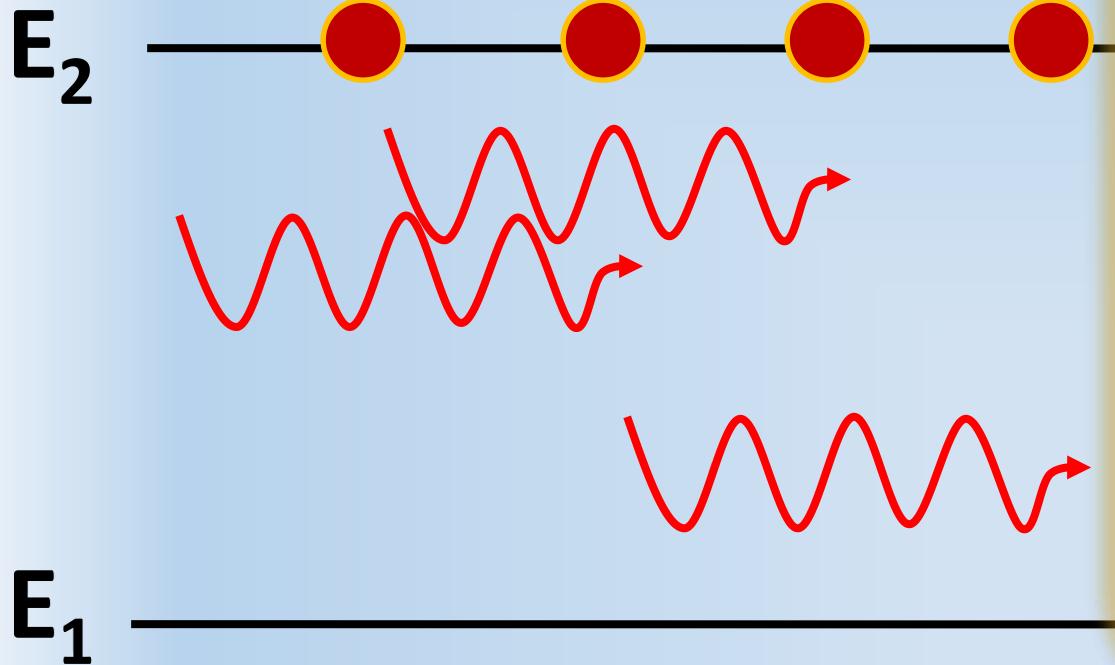
Spontan nurlanıw



Atomlar menen ózara tásir yaki foton jutılıwı hám shıgıwı baqlanbaytuğın elektron urılıwlar áqibetinde atomníń bir kvant halattan basqasına ótiwi nur *shıǵarmaytuğın ótiwler* dep ataladı.

Atomníń bir halattan ekinshisine ótiwinde óz – ózinen nurlanıwı procesi *spontan nurlanıw* dep ataladı.

Indukciyalanǵan nurlanıw



Jiyiliği elektron ótiwiniń menshikli jiyiligine teń bolǵan, sırtqı elektromagnit maydan tásirinde atomdaǵı elektronniń joqarı energetik qáddiden tómenine ótiwi májbúriy yaki indukciyalanǵan nurlanıw júzege keliwi menen birge kóshedi.

Májbúriy nurlanıwdıń spontan nurlanıwdan parqı:

1. Májbúriy nurlanıw onı júzege keltirgen nurlanıw baǵıtında tarqaladı.
2. Atom shıgarıp atırǵan májbúriy nurlanıw tolqını fazası túsip atırǵan tolqın fazasına anıq sáykes keledi.
3. Májbúriy nurlanıw túsip atırǵan nurlanıwdıń polyarlanıw tegisliginde sızıqlı polyarlanadı.

Lazerler

Lazerler işlewiniń fizikalıq tiykarları indukciyalanǵan nurlanıw.

Lazerler túrleri: *gazlı, qattı deneli, yarım ótkizgishli*

Islew rejimi: *impuls rejiminde hám úzliksız*

Nurlanıw quwatlılıǵı: $10^{12}–10^{13}$ W

Qollanılıw zonası: *materiallardı islew texnologiyası, medicina, áskeriy texnikada, navigaciya, baylanıs hám lokaciyanıń optik sistemalarında, ximiyada hám xojalıq islerinde.*

Lazer nurlanıwınıń tiykargı qásiyeti: *jumıssı zat atomları muwapiqlasqan halda shıǵarǵan jaqtılıq kvantlarınıń joqarı dárejede monoxromatikligi*

Bir
bólimi
móldır
ayna

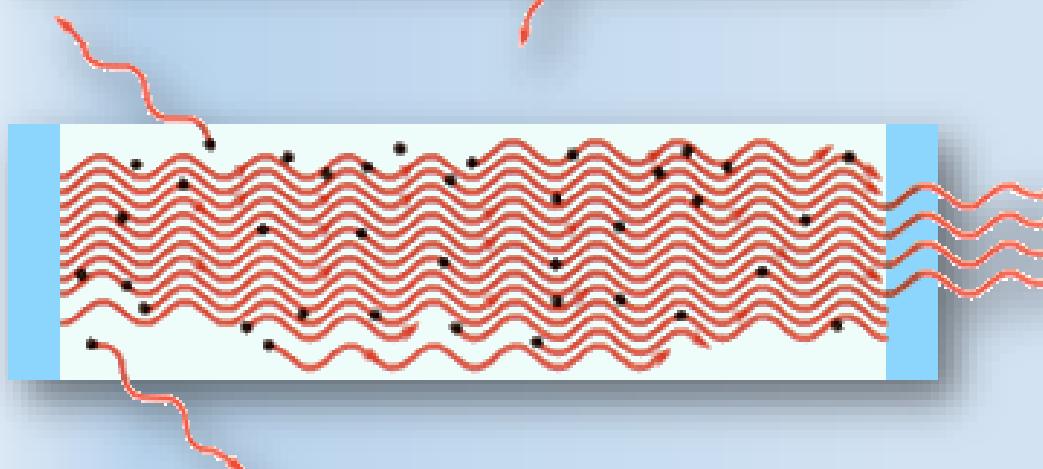
Aktiv ortalıq

Bir bólimi
móldır
ayna

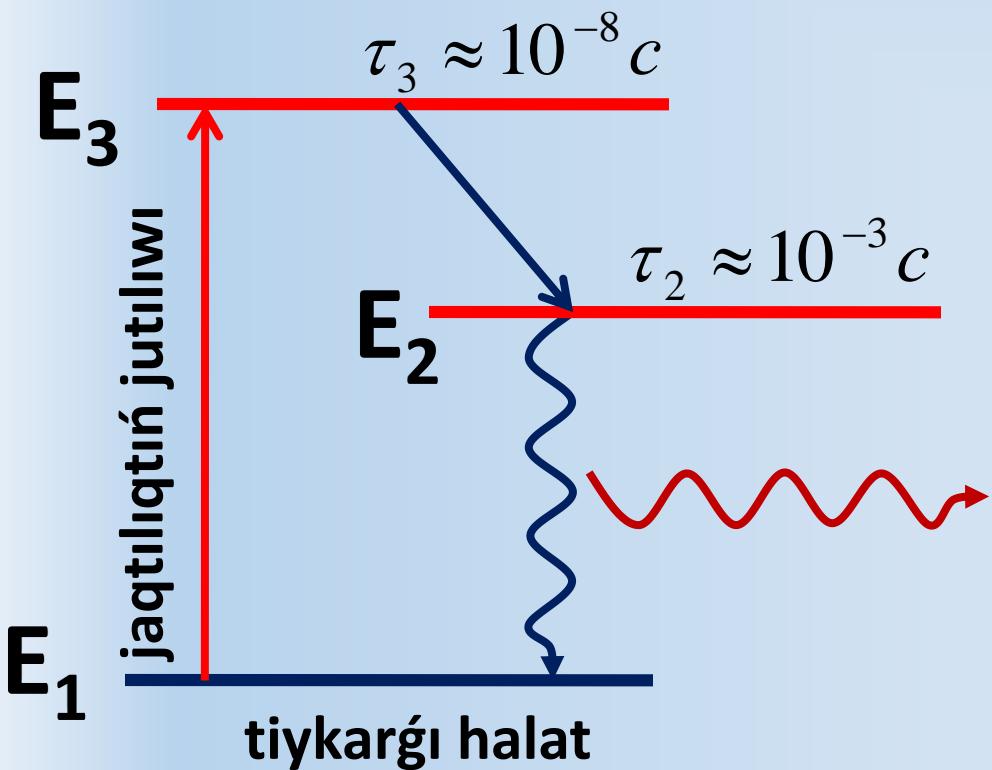
Nakachka

Bunday sistemada lavinaǵa uqsas procestiń baslanıwına sebep sistemaniń kósheri boylap baǵıtlanǵan tosınnan spontan tásir, yaǵníy nurlanıw procesi payda bolıwı. Málim waqıt ótkennen soń, bul sistemada genereciyanıń teń salmaqlılıqlı halatı júzege keledi.

Lazer nurlanıwı bir bólimi móldır bolǵan aynalardan birinen shıǵarıladı.



Inverciyalıq jaylasqan qáddiler
ortalığın alıwdıń hár túrli usılları bar.
Rubin lazerinde optikalıq demlew
usılı isletiledi.



Súwrette optik demlewdiń úsh
basqıshlı sizılması keltirilgen.

E_2 hám E_3 qáddilerdini
«jasaw waqıtları» keltirilgen.

E_2 – metastabil qáddi.

E_3 hám E_2 qáddiler arasındaǵı
ótiw, nurlanbaytuǵın ótiw.

E_2 hám E_1 qáddiler arasındaǵı
ótiw lazer islewin táminleytuǵın
ótiw.

Rubin kristalında E_1 , E_2 hám E_3
qáddiler xrom kirispe atomına
tiyisli.

PAYDALANÍLĞAN ÁDEBIYATLAR

1. Q.P.Abduraxmanov, V.S.Xamidov, N.A.Axmedova. FIZIKA. Darslik. Toshkent. “Aloqachi nashriyoti”. 2018 y. O’zR OO’MTV 2017.24.08 dagi “603”-sonli buyrug‘i.
2. B.A.Ibragimov, G.Q.Atajanova. “FIZIKA”. Oqıwlıq. Tashkent. 2018 j.
3. Q.P.Abduraxmanov, O’.Egamov. “FIZIKA”. Darslik. Toshkent. O’quv-ta’lim metodika” bosmaxonasi. 2015 y. O’zROO’MTV 2009.26.02. dagi “51”-sonli buyrug‘i.
4. Douglas C. Giancoli. Physics. Principles with Applicathions. 2004 USA ISBN-13 978-0-321-62592-2.
5. Physics for Scientists and Engineers, Raymond A. Serway, John W. Jewett. 9th Edition, 2012.
6. S.G. Kaypnazarov. "Fizika I kursı boyinsha prezentaciyalıq multimediali shınıǵıwlar toplamı". Elektron oqıw qollanba. Nókis. 2022 j. O’zR OO’MTV 2021.31.05 dagi “237”-sonli buyrug‘i.
7. “Fizika-1 kursi bo'yicha taqdimot multimediali ma'ruzalar to'plami”. Elektron o'quv qo'llanma. Toshkent. 2019 y. O’zR OO’MTV 2019.04.10 dagi “892”-sonli buyrug‘i.



PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

- <https://phet.colorado.edu/en/simulation/blackbody-spectrum>

Blackbody Spectrum

- Blackbody
- Planck's Law
- Wien's Law

DONATE

PhET is supported by

CURIO

Powered by Saal.ai

and educators like you.

PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

[https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy
/photoelectric](https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/photoelectric)

Photoelectric Effect

The simulation interface includes:

- A light source at the top left emitting purple light.
- A metal plate with a central hole in the center.
- A voltmeter on the right side of the plate.
- A circular meter below the plate with an arrow pointing down.
- A control panel with a color wheel and a slider labeled "Intensity".
- A sidebar on the right with the title "Photoelectric Effect" and three categories: "Light", "Quantum Mechanics", and "Photons".
- Buttons at the bottom: "DOWNLOAD" and "EMBED".
- Social media sharing icons for Facebook, Twitter, and Pinterest on the right.
- A "DONATE" button.
- Logos for PhET and its supporters.
- Text indicating support from "and educators like you."

PEDAGOGIKALÍQ DÁSTÚRIY QURALLAR

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/lasers>

Lasers



• Laser
• Photon Beams
• Quantum Mechanics

[DONATE](#)

PhET is supported by



and educators like you.

[DOWNLOAD](#) [EMBED](#)