

Кванттық физика



Фотоэффект

Фотоэффект теориясы



Қайталау

1. Классикалық физика қандай физикалық құбылысты түсіндіре алмады?

Макс Планк.

Ұлы неміс физик — теоретик. Кванттық физиканың негізін қалаушы.

Атом құрылысын , сызықтық спектрді, жылулық сәулелену.

2. Кванттық физиканың негізін салған кім?



Қайталау

3.Планк болжамы бойынша атомдар энергияны қалай шығарады?

Жеке үлестермен – квант түрінде

4. Бұл энергия неге тең?

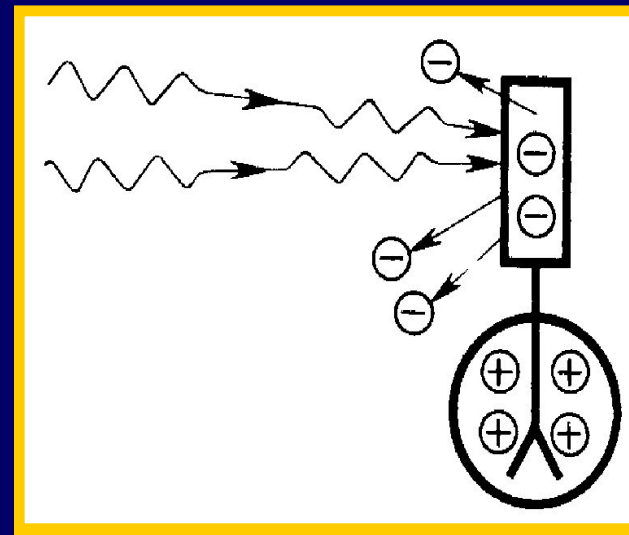
$$E = h\nu$$

5. Планк тұрақтысы неге тең?

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж}\cdot\text{с}$$

Эксперимент

№ 1. Электроскопқа қосылған мырыш пластинасын теріс зарядпен зарядтаймыз және ультракүлгін жарығымен сәулелендіреміз. Сонда ол тез разрядталады.



№ 2. Егер оны оң зарядпен зарядтасақ, онда пластинаның заряды өзгермейді.

Қорытынды

Жарық пластина бетінен электрондарды ыршытып шығарады



Бұл құбылысты неміс
ғалымы Генрих Герц
1887 жылы ашқан .

Фотоэффект құбылысы
дегеніміз жарықтың әсерінен заттан ұшып
шыққан электрондардың ағыны.



Эксперимент

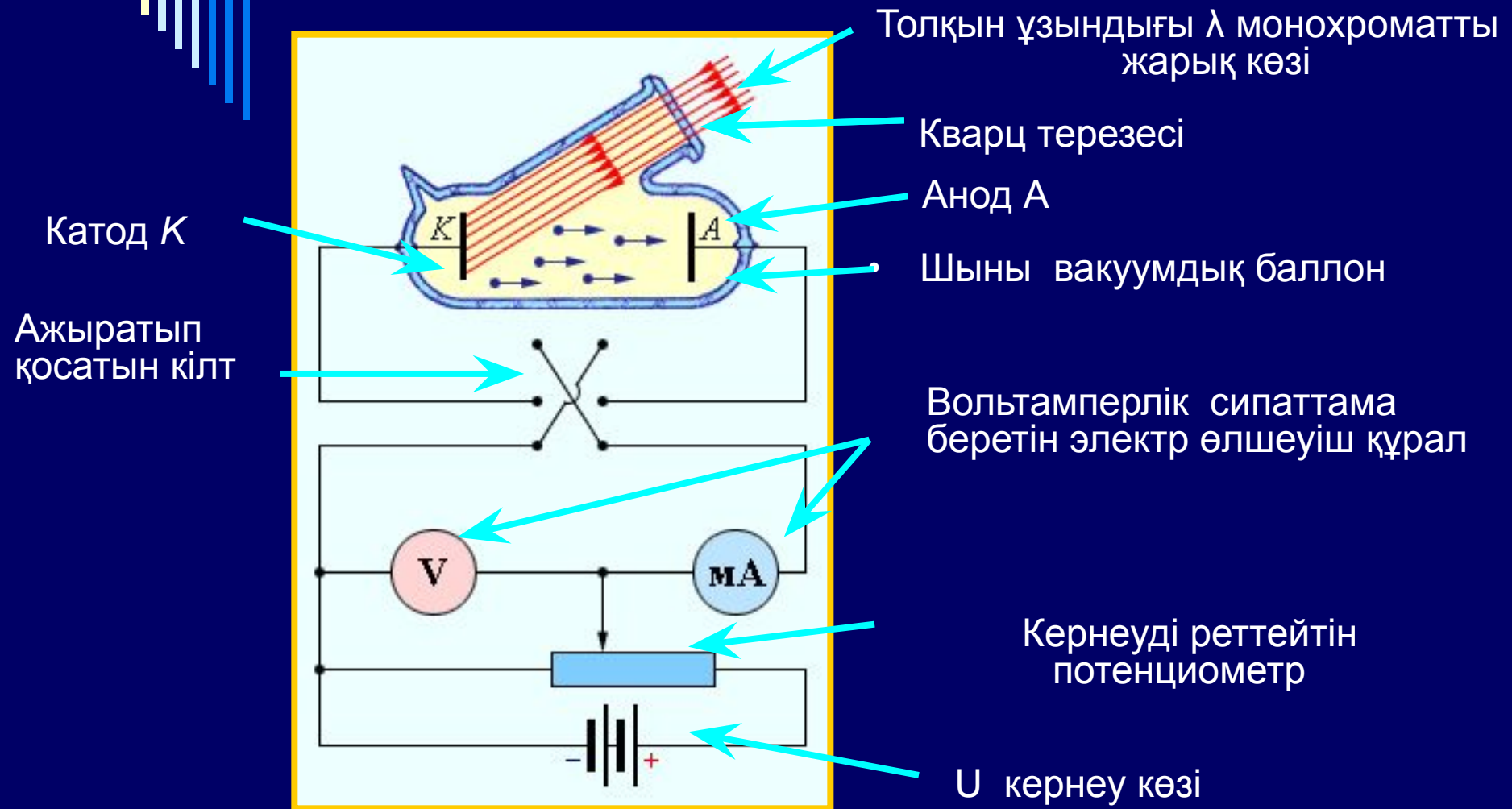
№ 3..Ультракүлгін сәулелерді шыны экранмен жабамыз. Сәулелену интенсивті болғанымен, теріс зарядты фотоэффект құбылысының пластина электрондарынан айрылмайды түсіндіретін заңдар негізінде орыс физигі А.Г. Столетов ашты.

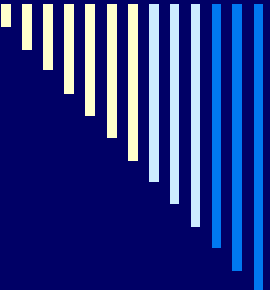


Электронға әсер ететін үлкен күш және толқын амплитудасы өте үлкен болса да неге жарық толқынының кіші жиілігі электрондарды ыршытып шығара алмайды?

Бұл құбылысты жарықтың толқындық теориясы түсіндіре алмады.

Эксперименттік қондырғы



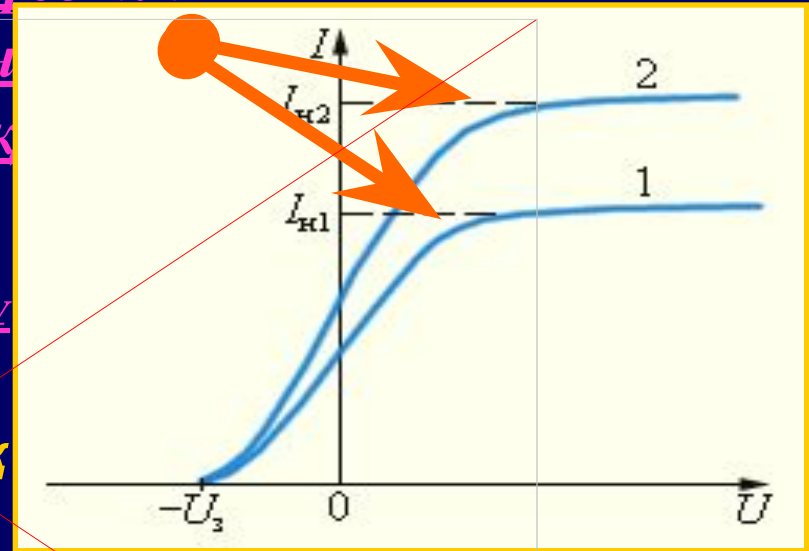


Фотоэффект заңдары

Фотоэлектрондардың максимал жылдамдығы түскен жарықтың интенсивтігіне тәуелді емес, ол тек жарықтың жиілігіне тәуелді.

Жарық шоғының энергиясы көп болған сайын соғұрлым оның әсері жақсы байқалады.

Терсеуші кернеуге сәйкес ең жылдам электронның өзі электр өрісінің әсерін жеңе алмайды да, анодқа жетпейді сұреттен катодқа түсетін жарықинтенсивтігінің берілген өсуі баяулап барып , кернеудің к тоқтайды. Фт

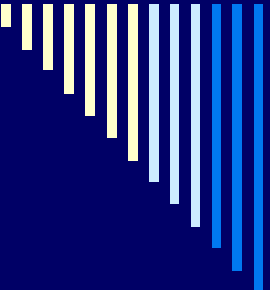


- Фототток күшінің бұл мәні қанығу тогы деп аталады
Бұдан фотоэлектрондардың жылдамдығы мен кинетикалық энергиясы туралы формула аламыз

$$eU_3 = \frac{mv_m^2}{2}$$



$$v_m = \sqrt{\frac{2eU_3}{m_e}}$$



Фотоэффект заңдары

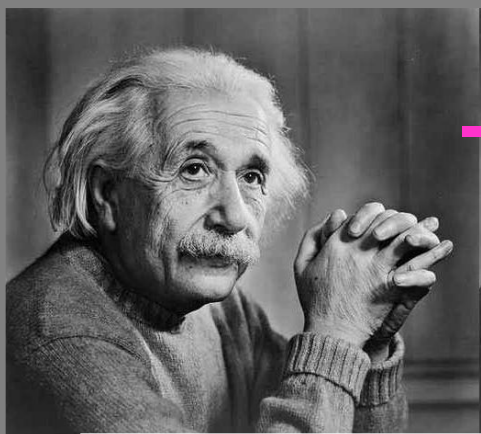
Қанығу фототок күші түскен жарықтың интенсивтігіне пропорционал өседі, бірақ жарықтың жиілігіне тәуелді емес.

Әр металл үшін фотоэффектінің қызыл шекарасы, яғни одан төменгі жиілікте фотоэффект байқалмайтын шекті ең аз жиілігі $\nu < \nu_{\min}$ немесе ең үлкен толқын ұзындығы $\lambda_{\max}$ бар



Фотоэлектрондардың энергиясы неге жарықтың жиілігімен анықталады және жарықтың ең аз толқын ұзындығында неге электрондарды ыршытып шығарады ?

Фотоэффект теориясы



А. Эйнштейн 1905 жыл

Фотоэффект практикалық тұрғыдан инерцианалды емес, себебі металға түскен жарықтың әсерінең 10^{-9} с. аралықта электрондар ұшып шығады

Жарықтың квантын жұтып электрон одан энергия алады да, заттан ұшып шығу жұмысын жасайды.

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

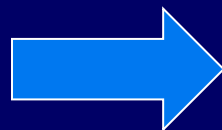
Фотоэффектінің қызыл шекарасы



әр металл үшін **фотоэффектінің қызыл шекарасы** байқалады, яғни одан төменгі жиілікте фотоэффект байқалмайтын шекті ең аз жиілік бар.

$W_k = 0$ сәйкес жарықтың шекті ең аз жиілігі бар

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



$$h \frac{c}{\lambda_{\max}} = A$$

Планк тұрақтысының физикалық мағынасы

Эйнштейн теңдеуінің түзудің көлбеулік бұрышы $\tan \alpha$ Мұның өзі Планк тұрақтысының мәнінің тежеуші кернеудің U анықтауға көмектеседі. $h\nu$ жиілікке сәйкес түрде тәуелді өзгереді. 1914 жылы Р.Томпсон электрон e зарядына қатынасына тең:



$$h(\nu_2 - \nu_1) = e(U_1 - U_2)$$
$$\tan \alpha = \frac{U_1 - U_2}{\nu_2 - \nu_1} = \frac{h}{e}$$



Есептер шығару

А – міндетті деңгей

1. Қай жағдайда теріс зарядталған электроскоп жарықталыну кезінде тез разрядталды:

1. рентген сәулесі.
2. ультракүлгін сәуленену?

1. 1.

2. 2.

3. Бірдей

4. Электроскоп екі жағдайда да зарядталмайды.



A – міндетті деңгей

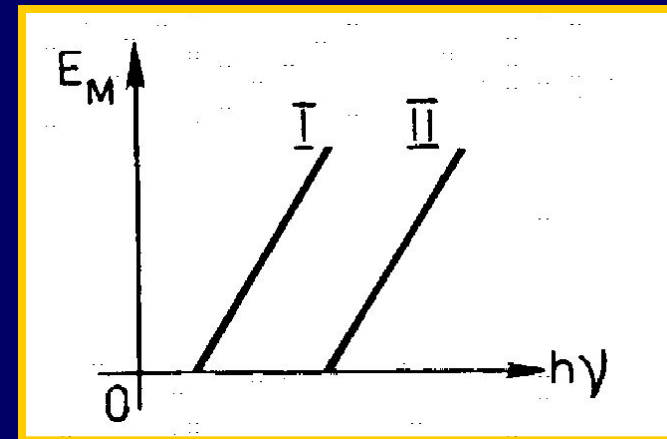
2. Сәулеленудің жалпы қуатын өзгертпей отырып, егер жарықтың жиілігін арттырса, онда фотоэффект кезінде электрондардың жылдамдығы қалай өзгереді ?

1. Артады 3. Азаяды.
2. Өзгермейді. 4. Жауап біржақты емес.



А – міндетті деңгей

3. Суретте фотокатодка түскен фотондардың энергиясының Фотоэлектрондардың максимал



энергиясына тәуелділік графигі берілген. Қай жағдайда фотоэлемент К катодтың материялы ең аз шығу жұмысын береді?

1. I. 2. II. 3. Бірдей . 4. Жауап біржақты емес.



А – міндетті деңгей

4. Рентген сәулесінің толқын ұзындығы 10^{10} м тең.

Толқын ұзындығы $4 \cdot 10^{-7}$ м көрінетін жарықтың фотон энергиясынан рентген сәулесінің бір фотон энергиясы неше есе артық болады?

1. 25

2. 40

3. 2500

4. 4000



А – міндетті деңгей

5. Фотоэффект құбылысын тәжірибеде жасау үшін $A_{\text{ш}} = 3,4 \cdot 10^{-19}$ Дж және $6 \cdot 10^{14}$ Гц. жиілікпен жарықтандырған. Жиілікті 2 есе азайтып, бір мезгілде 1 с сайын 1,5 есе фотон санын арттырған. Нәтижесінде 1 секундта пластинадан ыршып шыққан фотон саны?

1. 1,5 есе артты

2. Нөлге тең

3. 2 есе азайды

4. 2 еседен аса артық азайды



В – мүмкіндік деңгейі

1. План тұрақтысын өлшеу кезінде бірнеше тәжірибе жүргізілді. Фотоэффект құбылысы көмегімен электрондардың максимал энергиясын анықтау үшін тежеуші кернеудің бірнеше мәндері алынды. Кестеде осы тәжірибенің алғашқы нәтижелері берілген.

Тежеуші кернеу, U , в	0, 4	0, 9
Жарық жиілігі, $\nu \cdot 10^{14}$, Гц	5, 5	6, 9

Осы эксперимент нәтижесінде План тұрақтысы неге тең?

1. $6, 6 \cdot 10^{-34}$ Дж • с

2. $5, 7 \cdot 10^{-34}$ Дж • с

3. $6, 3 \cdot 10^{-34}$ Дж • с

4. $6, 0 \cdot 10^{-34}$ Дж • с



№ 1 есептің шешуі

$$\begin{array}{l} h\nu_1 = A \\ + \\ h\nu_2 = A + \end{array} \left. \begin{array}{l} \frac{mv^2}{2} \\ \frac{mv^2}{2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{аламыз} \\ \Rightarrow \end{array} h(\nu_2 - \nu_1) = e(U_{32} - U_{31})$$

$$\frac{mv^2}{2} = eU_3$$

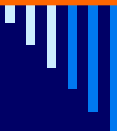
$$h = \frac{\hbar \Delta U}{\Delta \nu}$$

Жауап

$$h = 5,7 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$



В – мүмкіндік деңгейі

2.  Металл бетін жарықтандыра отырып, фотоэффект құбылысын бақылауға болады. Осы құбылыс кезінде тежелген потенциалды *U* кернеу деп аламыз. Жарықтың жиілігін өзгерткенде осы тежелген кернеу өзгерісі $\Delta U = 1,2$ В. артты. Жарықтың жиілігі қаншаға өзгерді?

1. $1,8 \cdot 10^{14}$ Гц

3. $6,1 \cdot 10^{14}$ Гц

2. $2,9 \cdot 10^{14}$ Гц

4. $1,9 \cdot 10^{15}$ Гц



№ 2 Назар аударыңыз!

стандартты және осы үлгідегі ұқсас есептер.

ҰБТ жинақта көптеп кездеседі.

$$\begin{array}{l} hv_1 = A \\ + \\ hv_2 = A + \end{array} \left. \begin{array}{l} \frac{mv^2}{2} \\ \frac{mv^2}{2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{аламыз} \\ \Rightarrow \end{array} h(v_2 - v_1) = e(U_{32} - U_{31})$$

$$\frac{mv^2}{2} = eU_3$$

$$v_2 - v_1 = \frac{e\Delta U}{h}$$

Жауап

$$v_2 - v_1 = 2,9 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$



В – мүмкіндік деңгейі

3. Фотоэффекте түскен металдың қызыл шекарасы $\lambda_{\text{кыз}} = 600 \text{ нм}$ толқын ұзындығына сәйкес. Осы металды жарықтандырған λ толқын ұзындығы түскен жарықтың максимал кинетикалық энергиясы ыршытып шығарған фотоэлектрондардың энергиясынан 3 есе аз. Осы түскен жарықтың λ толқын ұзындығы неге тең?

1. 133 нм

2. 300 нм

3. 400 нм

4. 1200 нм



№ 3 есептің шешуі

$$\left. \begin{array}{l} h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \\ \nu = \frac{\tilde{n}}{\lambda} \\ \frac{mv^2}{2} = \frac{h\nu}{3} \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{h\tilde{n}}{\lambda} = A + \frac{hc}{3\lambda} \\ A = \frac{h\tilde{n}}{\lambda_{\text{ед}}} \end{array} \right\} \Rightarrow \lambda = \frac{2\lambda_{\text{кр}}}{3}$$

Жауап

$$\lambda = 400 \text{ нм}$$



С жоғарғы деңгей

1. Фотоэффект үшін қызыл шекарасы толқын ұзындығына сәйкес фотон металл пластинкадан жасалған ауасы сорылып алынған катодтан электрондарды ыршытып шығарады. Электрон кернеулігі $E = 5 \cdot 10^4$ В/м біртекті электр өрісінде шыр айналып жүреді. Егер электрон $3 \cdot 10^6$ м/с жылдамдықпен қозғалса, ол біртекті электр өрісінде қанша жол жүреді?



№ 1 есептің шешуі

$$\nu_0 = 0, m \cdot \kappa \cdot \lambda = \lambda_{кр}$$

$$\left. \begin{aligned} \dot{A} &= \frac{mv^2}{2} \\ \dot{A} &= FS = \dot{a}AS \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$S = \frac{mv^2}{2eE}$$

жауап

$$S \approx 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$



С бөлімі:

2. Егер фотоэффект үшін қызыл шекара $\lambda_{\text{max}} = 540 \text{ нм}$ болса, ал толқын ұзындығы $\lambda = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ түскен жарықтан металл пластинкадан ыршып шыққан электрондардың максимал жылдамдығы қандай?
-



№ 2 есептің шешуі

$$\left. \begin{aligned} h\nu &= A + \frac{mv^2}{2} \\ \nu &= \frac{\tilde{n}}{\lambda} \\ A &= \frac{h\tilde{n}}{\lambda_{\text{ед}}} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{mv^2}{2} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_{\text{ед}}} \Rightarrow$$

$$v = \sqrt{\frac{2hc}{m} \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_{\text{ед}}} \right)}$$

$$v = 800 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$



С - бөлім

3. Фотокатодтың фотоэффект үшін қызыл шекарасы $\lambda_{\text{max}} = 290$ нм. λ толқын ұзындығынан тұратын жарық катодқа түскенде анод пен катод арасында фототоктың кернеуі $U = 1,5$ В. λ толқын ұзындығын анықтаңыз.



№ 3 есептің шешуі

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

$$\nu = \frac{\tilde{n}}{\lambda}$$

$$A = \frac{h\tilde{n}}{\lambda_{\text{ед}}}$$

$$\frac{m\nu^2}{2} = eU_{\text{с}}$$

$$\Rightarrow \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_{\text{ед}}} + eU_{\text{с}} \Rightarrow$$

$$\lambda = \frac{hc\lambda_{\text{ед}}}{hc + eU_{\text{с}}\lambda_{\text{ед}}}$$

Жауап

$$\lambda = 215 \text{ нм}$$

НА ЗАРЛАРЫҢЫЗҒА РАХМЕТ!!!!