

Семинар 2 (08.09.20)

С прош. семинара:

- Корпус. св-ва фотонов:

ЭМ изл-е распр. и изл. поручением - фотонами

- Волн. св-ва э-в, проводя в ???

1.50* Т-? (АЧТ)

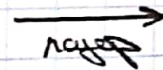
лазер: импульс $\varepsilon = 1 \text{ Дж}$.

диоррация, немопохрм.

$$B_{\text{лаз}}(\omega) = B_T(\omega) \leftarrow \text{АЧТ}$$

АЧТ светит изотропно,
лазер - пучок

① $\varepsilon = 1 \text{ Дж} \rightarrow \varepsilon/k \sim 10^{23} \text{ К}$



$$kT_{\text{лазер}} \gg \hbar\omega, \quad T_{\text{лазер}} - T_{\text{АЧТ}}.$$

ω - частота лазера.

$$\hbar\omega \sim 2 \text{ эВ (в красном свете)}$$

② Спектр. плотность излучения: (Рэлей)

$$j_T(\omega) = \frac{c}{4} B_T(\omega) = \frac{\omega^2 k T_{\text{лазер}}}{4\pi^2 c^2} = \frac{k T_{\text{лазер}}}{\lambda^2}$$

③ $j_T(\omega) = \pi B_T(\omega)$ - закон Планка

$$B_T(\omega) = \frac{k T_{\text{лазер}}}{\pi \lambda^2}$$

$$\left[\frac{\text{эрг}}{\text{с} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{с}^{-1}} \right]$$

на ед. спектр. изл.

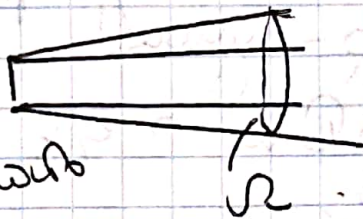
④ Лазер

q - плот. потока лаз. изл.

$S = \pi D^2/4$ - сечение пучка

τ - время изл., $\tau \Delta \omega \sim 1$

$$q = \frac{\varepsilon}{S \tau} = \frac{\varepsilon}{\pi D^2 \tau} = \frac{4 \varepsilon \Delta \omega}{\pi D^2}$$



расх. пучок

$$\Delta \Omega = 2\pi(1 - \cos \Theta) \approx \pi \Theta^2 = \pi (\lambda/D)^2$$

спектр. яркость
лазера

$$B_{\text{лаз}}(\omega) = \frac{q}{\Delta \omega \cdot \Delta \Omega} = \frac{1}{\Delta \omega} = 2\pi \Delta \omega$$

в ед. тем. утца

$$= \frac{4 \varepsilon \Delta \omega}{\pi D^2 \cdot 2\pi \Delta \omega \cdot \pi (\lambda/D)^2} = \frac{2 \varepsilon}{\pi^3 \lambda^2}$$

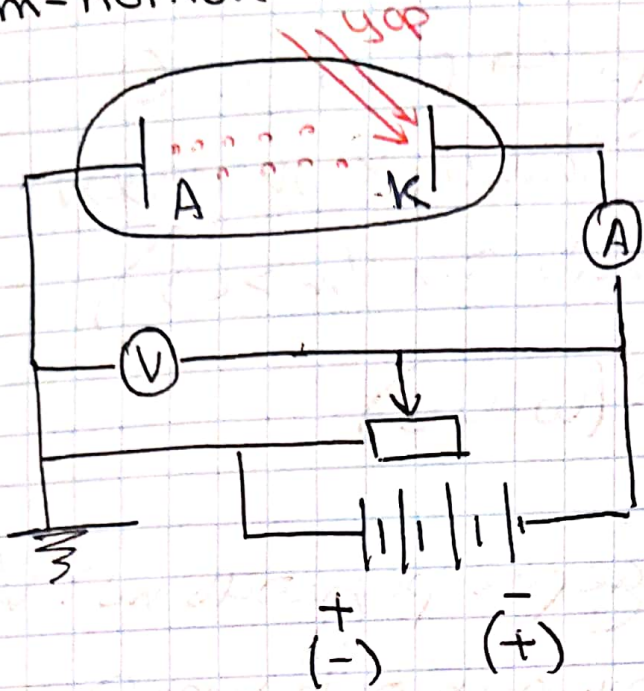
$$⑤ B_T(\omega) = \frac{k T_{\text{эфф}}}{\pi \lambda^2} = \frac{2 \varepsilon}{\pi^3 \lambda^2}$$

$$T_{\text{эфф}} = \frac{2 \varepsilon}{\pi^2 k} = 1,47 \cdot 10^{22} \text{ K}$$

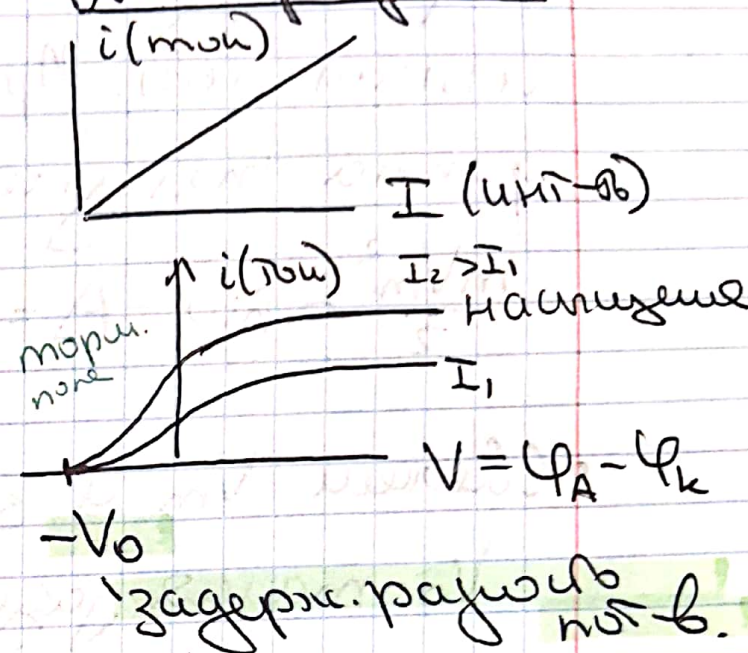
не зав. от λ, ω

Фотоэффект

Свет-поток и квантов. ← только этим и объяс.



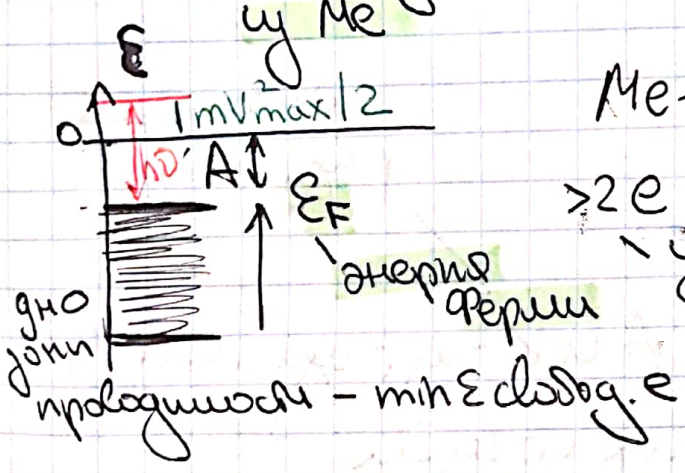
Эксп. графики:



Эйнштейн: ЭСД

$$h\nu = h\nu_0 = A + \frac{mV_{max}^2}{2}$$

работа выхода A
и $h\nu_0$



$h\nu_0$ - пор. для эл-в.

$> 2e$ не могут нах. в 1 энерг. сл.
 ↑ учёт спина

не могут объяснить, свет нах. эту кону
 красная граница фотоэф.

- Если $V_m = 0$, то $\omega = \omega_0$, $\hbar\omega = A$
(энергии фотона хватило только на работу выхода \rightarrow кинет. е 0 и тока нет. При больших энергиях фотона ток уже есть, т.е. $V_m > 0$)

$$\frac{mV_m^2}{2} = \hbar\omega - A = \hbar(\omega - \omega_0)$$

- Сведем V_m и задерж. разность пот. V_0 .
 V_0 - такая задерж. разность, что э-ны с нач. кин. е $mV_m^2/2$

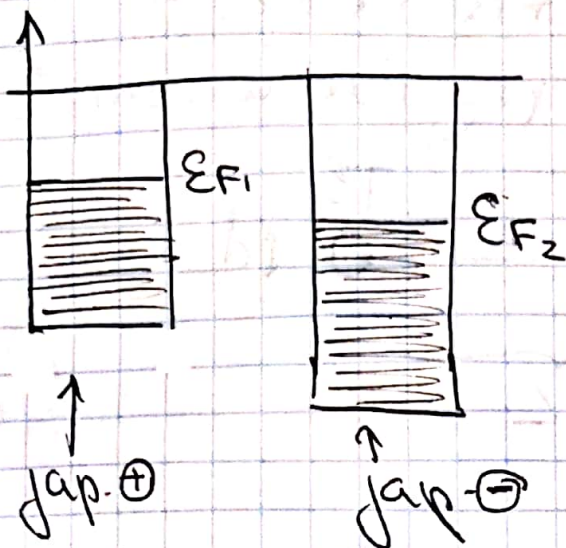
забрали ее всю на преодо-е потен.



$$\frac{mV_m^2}{2} = e(V_0 + V_{\text{контакт}})$$

контактная
разность пот.

А и К - электр. мат-лы
 \rightarrow при их сведении
происх. перемешивание е



Усн-е ралу-е:

$$\mu_1 = \mu_2 \leftarrow \text{хил. ндт.}$$

1.13 $\lambda = 250 \text{ нм}$

$V_0 = 2 \text{ В}$

$V_{\text{конт}} = ?$

$A = 3,74 \text{ эВ}$

$$\frac{m V_m^2}{2} = \hbar \omega - A = e(V_0 + V_k)$$

$$V_k = \frac{\hbar \omega - A}{e} - V_0 =$$

$$= \frac{1}{e} \left(\frac{hc}{\lambda} - A \right) - V_0 =$$

$$= \frac{1}{e} \left(\frac{6,626 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^{10}}{250 \cdot 10^{-17} \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}} - 3,74 \right) - 2 = -0,77 \text{ В}$$

$\approx 4,97$

\uparrow
роль усво р. ндт. ндт.

1.18

"Класс. модель атом. несод." 4

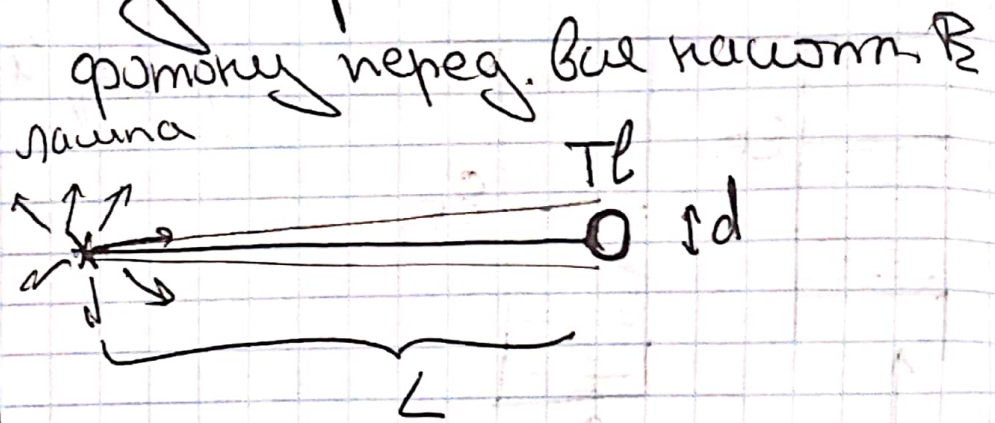
 $\tau \sim ?$

$$L = 10 \text{ м}$$

$$W = 25 \text{ Вт}$$

$$A = 4 \text{ эВ}$$

$$d = 0,3 \text{ нм.}$$

Энергия, на шотт. атомов за τ :

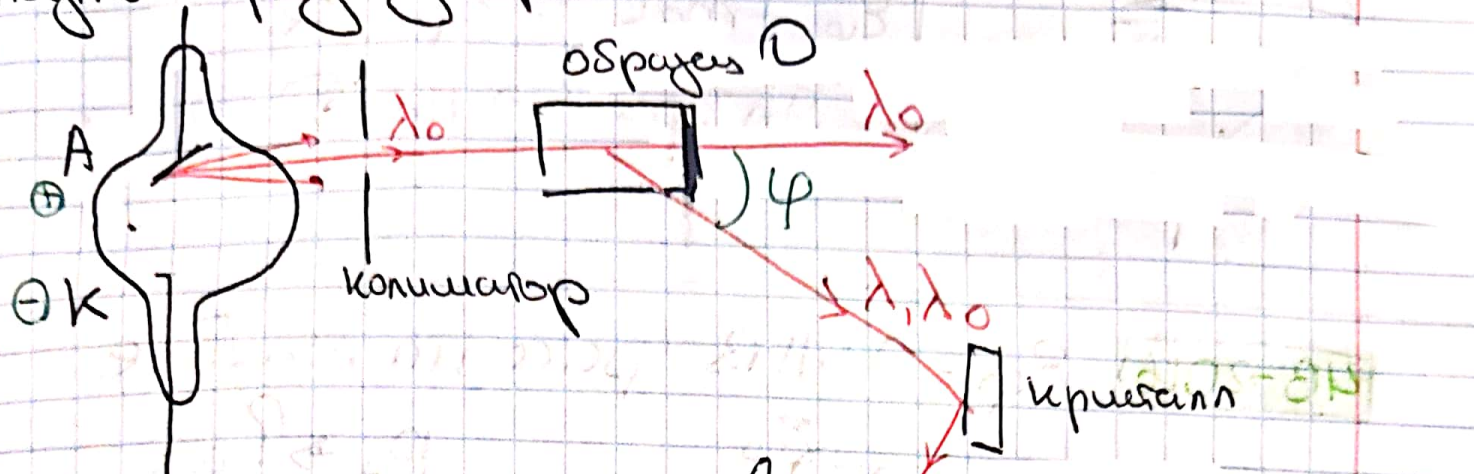
$$E = \underbrace{\frac{W}{4\pi L^2}}_{\text{тен. урон}} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \tau \geq A.$$

$$\tau \geq \frac{16 A L^2}{W d^2} = \dots = 455 \text{ с} //$$

Результат атом. модель несод.
 несод. модель.

Эффект Комптона

подтв. корпускулярной д-ции света



Большая часть п-и в д-ции
лампа изл. в одн. р-те

Объяснение: свет-
поток корпускул.

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 2\pi \hbar_e (1 - \cos\varphi) =$$

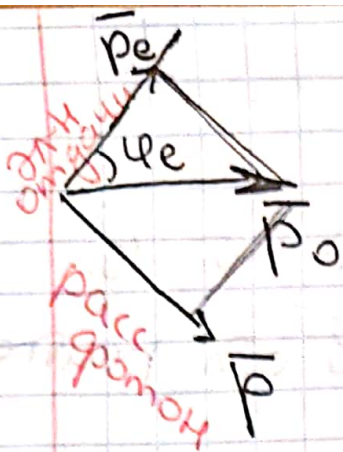
$$= \Delta_e (1 - \cos\varphi), \quad \hbar_e = 3,86 \cdot 10^{-11} \text{ см} \leftarrow \text{эксп}$$

$$\Delta_e = 2,426 \cdot 10^{-10} \text{ см}$$

комптоновская длина
волны э-на

Спом. рел. механики выводите:

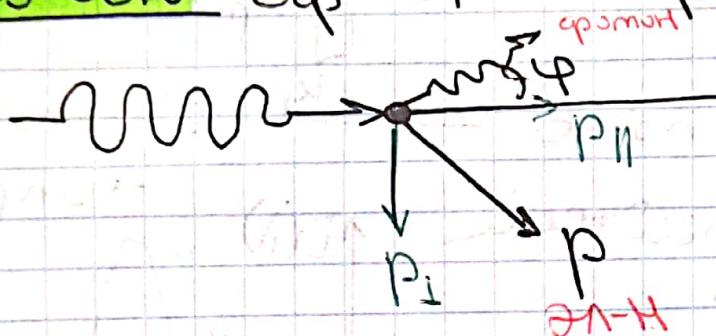
$$\hbar_e = \hbar/m_e, \quad \Delta_e = h/m_e c$$



$$\begin{cases} \vec{p}_e + \vec{p} = \vec{p}_0 \\ E_{e0} + m_e c^2 = E_{ep} + E_e \end{cases}$$

ЗСД, Th cos \leftrightarrow om.

4B-2016 $E_{ep} = 0,511 \text{ В}$ расс. на пачд. e



$p_{\perp} \rightarrow \max$
 $\varphi - ?$

Решение

$$\textcircled{1} \lambda - \lambda_0 = \lambda_e (1 - \cos \varphi)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \lambda_e (1 - \cos \varphi)$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \lambda_0 = \frac{c}{\nu_0}$$

$$h\nu = \frac{hc}{\frac{c}{\nu_0} + \lambda_e (1 - \cos \varphi)}$$

$$\textcircled{2} p_{e\perp} = \frac{h\nu}{c} \sin \varphi = \frac{h \sin \varphi}{\lambda_0 + \lambda_e (1 - \cos \varphi)}$$

по уел.

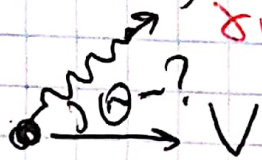
$$E_{ep} = m_e c^2 = 511 \text{ МэВ}$$

$$\frac{dP_{e1}}{d\varphi} = h \frac{\cos\varphi (\lambda_0 + \Lambda_e(1 - \cos\varphi)) - \sin\varphi \cdot \Lambda_e \sin\varphi}{[\lambda_0 + \Lambda_e(1 - \cos\varphi)]^2} = 0$$

$$\begin{aligned} \cos\varphi &= \frac{\Lambda_e}{\Lambda_e + \lambda_0} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_0}{\Lambda_e}} = \frac{1}{1 + \frac{c}{D_0} \frac{m_e c}{h}} = \\ &= \frac{1}{1 + \frac{m_e c^2}{h D_0} = 0,511} = \frac{1}{2} \Rightarrow \varphi = 60^\circ // \end{aligned}$$

1.48 Возб. ядро, атомная масса $A=100$, $\leftarrow \Sigma(p+e)$

$T=100$ эВ, $\Delta E=100$ эВ - энергия возб.



сдвиг Шиваита по энергии = 0

Решение

квант ул. \Rightarrow возн. энергия отдачи
м/у ул. в ядре.

В системе покоя ядра:

$$T_{\text{ядра}} = \frac{p^2}{2M} = \frac{(E_\gamma/c)^2}{2M} = \frac{E_\gamma^2}{2Mc^2}$$

Истинная энергия излучения:

$$\Delta E = E_\gamma \text{ по ул.}$$

$$\hbar\omega_0 = E_\gamma - T_{\text{ядра}}^{\text{отг}} = E_\gamma \left(1 - \frac{E_\gamma}{2Mc^2}\right)$$

② В лад.О - эффект Доплера
(измер. нами частота не изм.)

$$\omega(\theta) = \omega_0 \left(1 + \frac{v}{c} \cos\theta\right) = \text{— перел.}$$

$$= \frac{E_\gamma}{\hbar} \left(1 - \frac{E_\gamma}{2Mc^2}\right) \left(1 + \frac{v}{c} \cos\theta\right) \approx$$

$$\approx \frac{E_\gamma}{\hbar} \left(1 + \frac{v}{c} \cos\theta - \frac{E_\gamma}{2Mc^2} - O(\dots)\right)$$

$\underbrace{\hspace{10em}}_{=0.}$

Т.е. эф. Доплера наип. энергия
отдачи \Rightarrow энергия γ и в итоге
в точности равна энергии
перехода м/у уровнями
для неподв. атома

$$\frac{V}{c} \cos \theta - \frac{E_x}{2Mc^2} = 0$$

$$\cos \theta = \frac{E_x}{2\sqrt{2T}Mc^2} = 0,116 \Rightarrow \theta = 83,3^\circ //$$

$$V = \sqrt{\frac{2T}{M}} = \sqrt{\frac{2T}{A \cdot m_p}}$$