

0-2-1

$$W = 6 \text{ Вт/см}^2$$

$P = ?$

Закрытые:

↓ посылу

$$\text{ЗЧН: } P_{\text{фот}} = 0 + P_{\text{содв.}}.$$

$$P = N \frac{F}{\Delta S}$$

$$F = \frac{\Delta P_{\text{ф}}}{\Delta t}$$

$$W = \frac{\Delta E}{\Delta S \Delta t} = \frac{N p c}{\Delta S \Delta t} \rightarrow P = \frac{\Delta S \Delta t W}{N c}$$

$$F = \frac{\Delta S W}{N c}$$

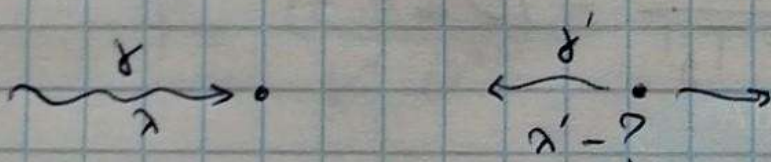
Откуда получим  $P = N \cdot \frac{\Delta S W}{N c} \cdot \frac{1}{\Delta S} = \underline{\underline{\frac{W}{c}}}$

Зеркальные:

$$\text{ЗЧН: } P_{\text{фот}} = -P_{\text{фот}} + P_{\text{содв. тем}}$$

$$P = 2 \underline{\underline{\frac{W}{c}}}$$

0-2-2



$$\lambda' - \lambda = (1 - \cos \theta) \cdot \lambda_{\text{Compton}} \quad \text{эффект Комптона}$$

"-1"

$$\lambda' = \lambda + 2 \cdot 0,024 \text{ \AA}$$

$$\lambda' = \frac{3h}{mc}$$

$$\nu' = \frac{mc^2}{h} \cdot \frac{1}{3}$$

$$\text{Ответ: } \nu' = 4 \cdot 10^{19} \text{ с}^{-1}$$

1.7

Дано:

$$\omega = 2 \cdot 10^{16} \text{ с}^{-1}$$

$$\Omega = 2 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$$

$$\varepsilon_n = 13,5 \text{ В}$$

$$\varepsilon_p = ?$$

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \left( \cos \omega t + \frac{m}{2} \cos [(\omega + \Omega)t] + \frac{m}{2} \cos [(\omega - \Omega)t] \right) - \text{супер.}$$

волн трех частот.



Для частоты  $\omega$ :

$$\hbar\omega = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2 \cdot 10^{16}}{2\pi} = 13,2 \text{ эВ} < \epsilon_n$$

нет фото-  
эффекта

Для частоты  $\omega - \Omega$  - аналогично

Для частоты  $\omega + \Omega$ :

$$\hbar(\omega + \Omega) = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 2,2 \cdot 10^{16}}{2\pi} = 14,5 \text{ эВ} > \epsilon_n$$

$$\epsilon = \hbar(\omega + \Omega) - \epsilon_n = \underline{\underline{1 \text{ эВ}}}$$

1.18

Дано:

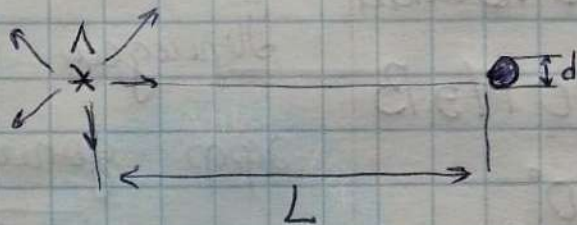
$$L = 10 \text{ м}$$

$$A = 4 \text{ Б}$$

$$d = 0,3 \text{ мм}$$

$\tau$  - ?

$$W = 25 \text{ Вт}$$



$$E = \frac{W}{4\pi L^2} \frac{\pi d^2}{4} \cdot \tau$$

$$E \geq A, \text{ откуда}$$

$$\tau \geq \frac{16AL^2}{Wd^2} = \underline{\underline{455 \text{ с}}}$$

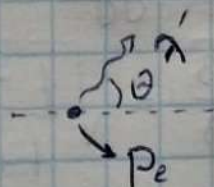
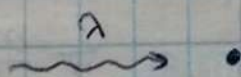
1.23

Дано:

$$\lambda = 0,02 \text{ нм}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$T_e, p_e = ?$



$$T_e = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'}, \text{ где } \lambda' = \lambda + \Delta (1 - \cos \theta)$$

$$T_e = hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda + \Delta (1 - \cos \theta)} \right) =$$

$$= hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda + 2\Delta \sin^2 \frac{\theta}{2}} \right) = \frac{hc}{\lambda} \left( \frac{2\Delta \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\lambda + 2\Delta \sin^2 \frac{\theta}{2}} \right) = 6724 \text{ эВ}$$



$$E_e = T_e + mc^2 = \sqrt{m^2 c^4 + p_e^2 c^2}$$

$$p_e^2 = \frac{(T_e + mc^2)^2 - m^2 c^4}{c^2} = \frac{T_e^2 + 2T_e mc^2}{c^2}$$

$$p_e = \frac{\sqrt{T_e^2 + 2T_e mc^2}}{c} = 4,44 \cdot 10^{-23} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}} //$$



1.35

Дано:

$$\lambda = 0,6943 \text{ мкм}$$

$$T = 500 \text{ МэВ}$$

$$\theta = 180^\circ$$

$$E_\gamma = ?$$

$$E_0 = \frac{hc}{\lambda_0} = 2,865 \text{ эВ} \ll T$$

Перейдем в СО электрона.

эфф. длина:

$$\omega' = \omega_0 \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \rightarrow \lambda' = \lambda_0 \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}$$

т.к.  $T \gg E_{\text{покоя}} = 0,5 \text{ МэВ}$ , то электрон ультра-релятивистский и  $E_e \approx T = pc = \gamma mc^2$ , где  $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}$

$$\text{Откуда } \gamma = \frac{T}{mc^2} \rightarrow \beta^2 = 1 - \frac{1}{\gamma^2} = 1 - \left(\frac{mc^2}{T}\right)^2$$

$$\sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{T}\right)^2}}{1 + \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{T}\right)^2}}} \approx \frac{1}{2} \frac{mc^2}{T} \rightarrow \lambda' = \lambda_0 \frac{1}{2} \frac{mc^2}{T} = 3,55 \cdot 10^{-8} \text{ см}$$

По ф-ле Комптона:

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

$$\lambda = \lambda' + \Delta \lambda = \lambda' + 2\lambda \approx \lambda' = 3,55 \cdot 10^{-8} \text{ см}$$

$$\text{Переход обратно: } \lambda'' = \lambda \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}} \approx \lambda \frac{1}{2} \frac{mc^2}{T} \approx \lambda_0 \left(\frac{1}{2} \frac{mc^2}{T}\right)^2$$



$$\varepsilon_{\gamma}'' = \frac{hc}{\lambda''} = \frac{4hc}{\lambda_0} \left( \frac{I}{mc^2} \right)^2 = 6,85 \text{ MeV}$$

1.39

Дано:

$$\varepsilon_x = 5 \text{ МэВ}$$

$$\frac{\Delta T}{T_\varphi} \text{ ?}$$

Закон Эйнштейна:  $h\nu = \varepsilon_{\text{ион}} + A + T_\varphi$

т.к.  $\varepsilon_{\text{ион}} \leq 0,136 \text{ МэВ} \ll h\nu$ ,  $A \approx 10 \text{ эВ}$ , то

$$T_\varphi \approx \varepsilon_x$$

При Комптон-эфф.  $\varepsilon_x + m_e c^2 = \varepsilon'_x + m_e c^2 + \varepsilon_{\text{ион}} + T_k$

$$\text{Откуда } T_k \approx \varepsilon_x - \varepsilon'_x = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda + \Delta\lambda} = \frac{hc}{\lambda} \frac{\Delta\lambda}{\lambda + \Delta\lambda}$$

Энергия электрона максимальна при угле рассеяния  $\theta_0 = 180^\circ$ .  $\hookrightarrow \Delta\lambda_{\text{max}} = \Delta(1 - \cos\theta_0) = 2\Delta = 2 \frac{h}{mc}$

$$T_k = \frac{hc}{\lambda} \frac{2h}{mc\lambda} \frac{1}{1 + \frac{2h}{mc\lambda}} = \varepsilon_x \frac{2 \varepsilon_x}{mc^2} \frac{1}{1 + \frac{2 \varepsilon_x}{mc^2}}$$

Разрешение аппаратуры по энергии  $\Delta T = T_\varphi - T_k$

$$\frac{\Delta T}{T_\varphi} \approx \frac{\varepsilon_x - T_k}{\varepsilon_x} = \frac{1}{1 + \frac{2 \varepsilon_x}{mc^2}} \approx \underline{\underline{0,05}}$$



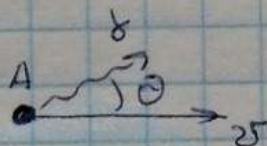
1.48) Dano:

$$\Delta E = 1 \text{ MeV}$$

$$A = 100$$

$$T = 100 \text{ eV}$$

$$\theta = ? (E_r = \Delta E)$$



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

$$T_{\text{avg}} = \frac{P_{\text{avg}}^2}{2M} = \frac{P_{\delta}^2}{2M} = \frac{(E_{\delta}/c)^2}{2M} = \frac{E_{\delta}^2}{2Mc^2}$$

$$\hbar \omega_0 = E_\gamma - T_{\text{avg}}^{\text{avg}} = E_\gamma \left(1 - \frac{E_\gamma}{2Mc^2}\right) \quad \leftarrow \text{испитанная энергия}$$

В ИСО: под углом  $\theta$   $\gamma$ -кванта:

$$\omega(\theta) = \omega_0 \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta\right) = \frac{E_\gamma}{\hbar} \left(1 - \frac{E_\gamma}{2Mc^2}\right).$$

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

0, чтобы было  
нужное

$$\frac{v}{c} \cos \theta = \frac{E_\gamma}{2Mc^2}$$

$$\cos \theta = E_\gamma \frac{1}{2Mc^2} = \frac{\Delta E_\gamma}{2\sqrt{2}Mc^2} = 0,116$$

Откуда  $\theta \approx 83^\circ$