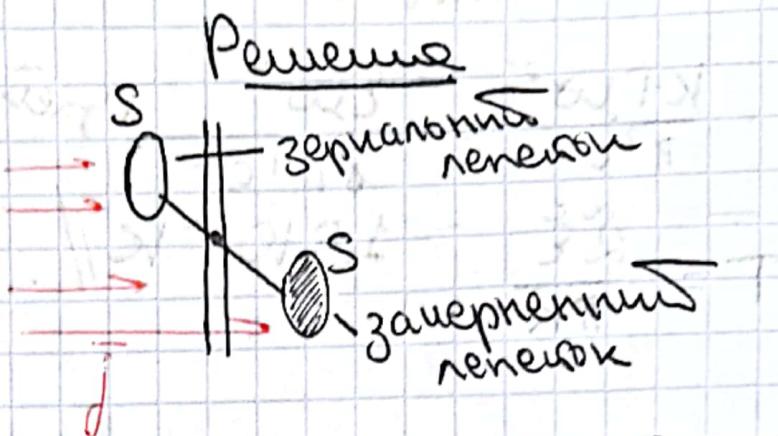


## Метод 2. Ромбодорсей. Задача Каштана.

10.2.1 Дано:

$$j = 6 \frac{Bm}{cm^2}$$

Найти:  
Рнер -?  
Рзери -?



① Суть опыта: светили светили  $\perp$  лепесткам.  
Они откл. от их. положений.

② Учим как помоч фронтов с зеркалами  $E_{op}$

$$j = \frac{E}{Sst} = \frac{N E_{op}}{Sst} = \frac{n \cdot cst \cdot S E_{op}}{Sst}$$

зеркал, погл.  
на лепестки  
и т.д. вр

шаг  
фронтов,  
попавших на  
лепестки  $j_{st}$

какие  
фронтов  
все

$$E_{op} = \frac{j}{c} \Rightarrow \text{шаг фронтов}$$

$$P_{op} = \frac{E_{op}}{c} = \frac{j}{hc^2}$$

③ Каждый падающий фронт передает  
ненесущий шаг с  $P_1$ . Тогда давление

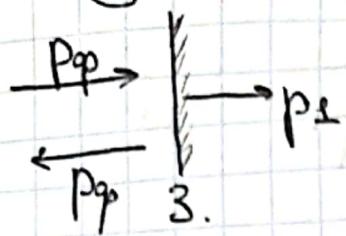
фронтов на лепесток:  $N$

сила, что  
фронт  
передает  
на  
лепесток

$$P = \frac{F}{S} = \frac{\Delta P}{Sst} = \frac{n Sst c \cdot p_1}{Sst} = n c p_1$$

шаг  
ненесущий  $j_{st}$

④ 1случай: зернистый генетик



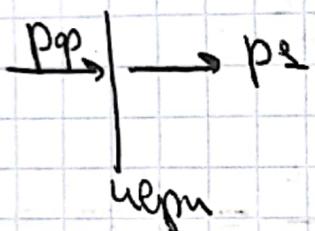
$$\text{ЗСИ: } P_{qp} = p_1 - P_{pp}$$

$$p_1 = 2P_{pp}$$

$$P_{\text{зери}} = nC p_1 = nC \cdot 2P_{qp} = nC \cdot 2 \cdot \frac{1}{hC^2} = 2 \frac{1}{C} =$$

$$= 2 \cdot \frac{6 \frac{\text{Вн}}{\text{см}^2}}{3 \cdot 10^{10} \frac{\text{см}}{\text{с}} C} = 4 \cdot 10^{-10} \frac{\text{Дж}}{\text{см}^3} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ На} //$$

⑤ 2случай: замерненный генетик - нормализован  
диаграмма



$$\text{ЗСИ: } P_{qp} = P_1$$

$$P_{\text{нери}} = nC p_1 = nC P_{qp} = \frac{1}{C} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ На} //$$

Rem Т.к.  $P_{\text{нери}} \neq P_{\text{зери}}$ , то генетики начинают  
новорождаться.

0-2-2 Равн:

$$E_{qp} = mc^2$$

ан-ка

Найди:  $\omega'$ ?

Решение

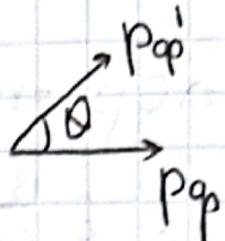
$$\frac{\omega}{P_{qp}} \rightarrow \dot{e}$$

$$\frac{\omega'}{P'_{qp}} \rightarrow \dot{e}'$$

По 3-му Эфферта Каштана

$$\omega' = \frac{\omega}{1 + \frac{\hbar\omega}{mc^2}(1 - \cos\theta)}$$

уровни-я сдвигаются  
от нач. направл.



$$\cdot \theta = 180^\circ \Rightarrow \cos\theta = -1$$

$$\cdot \text{ по условию } E_{qp} = \hbar\omega = mc^2$$

Torga

$$\omega' = \frac{\omega}{1 + 1/(1+1)} = \frac{\omega}{3} = \frac{mc^2}{3\hbar} = \frac{c}{3\Delta_e} =$$

$$= \frac{3 \cdot 10^{10} \text{ см/c}}{3 \cdot 3,86 \cdot 10^{-11} \text{ см}} = 3 \cdot 10^{20} \text{ Гц} //$$

1.7 Дано:

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

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

$$\varepsilon_u = 13,5 \text{ aB}$$

$$T_e - ?$$

Решение

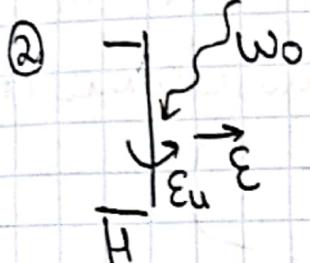
① ЭМ волна, модулир. по амплитуде:

$$E(t) = E_0 (1 + m \cos \Omega t) \cos \omega t =$$

$$= E_0 \left( \cos \omega t + \frac{m}{2} \cos (\omega - \Omega) t + \frac{m}{2} \cos (\omega + \Omega) t \right)$$

предм.  $\cos \omega t$  суперпозиция волн 3 начт:

$$\omega, \omega - \Omega, \omega + \Omega.$$



по упр. Эйнштейна

$$\hbar \omega_0 = \varepsilon_u + T_e$$

$\hbar \omega_0$  — энергия  
приход. волны       $T_e$  — энергия  
испускаемая  
(разность волн)

③ Если  $\hbar \omega_0 < \varepsilon_u$ , то энергии недостаточны.

не хватит для выделения энергии излучения.

$$\hbar \omega = 1,05 \cdot 10^{-34} \cdot 0,72 \cdot c \cdot \frac{1,6 \text{ aB}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Dm}} \cdot 2 \cdot 10^{16} \text{ c}^{-1} = 13,125 \text{ aB}$$

$1 \text{ aB}$  — энергия, необходимая  
переноса един. заряда в 1 н. един. с  $U = 1 \text{ В}$

$$1 \text{ aB} = 1 \text{ эл.} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ кн} \cdot \text{В} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$\wedge$   
 $\varepsilon_u$

$\Rightarrow$  Волны с частотой  $\omega$  (и тем более  $\omega - \Omega$ )  
не способны выделить энергию излучения

④  $\nexists$  волны с  $\omega + \Omega$ .  $\hbar(\omega + \Omega) = 14,44 \text{ aB} > \varepsilon_u \Rightarrow$

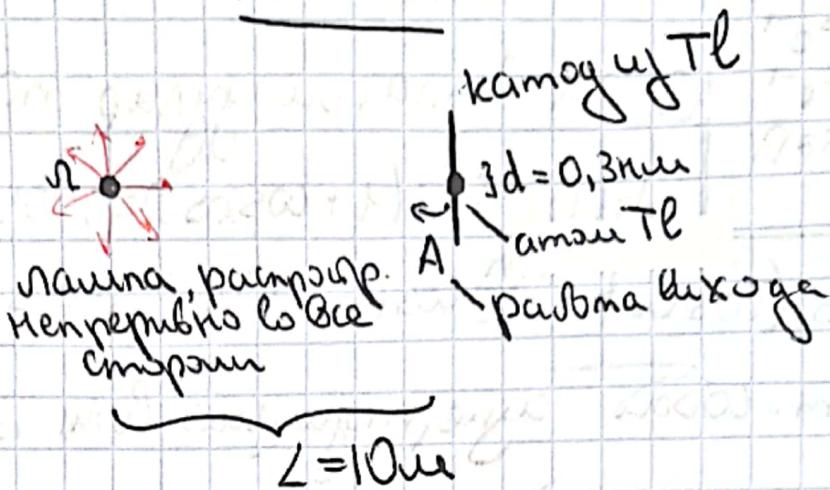
$\Rightarrow$  можно выделить энергию. Энергия такой волны

$$T_e = \hbar(\omega + \Omega) - \varepsilon_u \approx 1 \text{ aB. //}$$

**1.18** Дано:

$W=25 \text{Дж}$   
 $L=10 \text{м}$   
 $d=0,3 \text{ мкм}$   
 $A=4 \text{ АВ}$   
 $t=?$

Решение



- 1) Для того, чтобы противодействие было равно  
и камога, его энергия должна быть больше  $A$ .
- 2) Энергия, накопленная за время  $t$

$$E = \frac{Wt}{4\pi L^2} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \geq A$$

Энергия,  
накопленная  
за время  $t$

также  
изменяется  
(линия с неравномерно  
стью сферы)

также  
изменяется  
изменяется  
норма, которая он излучает и  
передает ее воле

$$t \geq \frac{16AL^2}{Wd^2} = \frac{16 \cdot (4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{Дж}) \cdot 10^2 \text{м}^2}{25 \frac{\text{Дж}}{\text{с}} \cdot (0,3 \cdot 10^{-9})^2 \text{м}^2} \approx \\ \approx 500 \text{ с} //$$

Реш Этот результат противоречит безнеружционной  
электрической теории (последний  $\rightarrow$  сразу  
имел ток)  $\Rightarrow$  у меня есть "багажник"  
сравните на 1 за нее  $\rightarrow$  свет или на звук насту.

1.23 Дано:

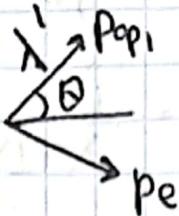
$$\lambda = 0,02 \text{ мкм}$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$T_e, p_{e^-}?$$

$$\frac{p_{e^-}}{\lambda}$$

Решение



$$\Delta_e = 2,4 \cdot 10^{-10} \text{ см}$$

1) НО опре зораденя Кошніца

$$\lambda' = \lambda + \Delta_e (1 - \cos \theta) = \lambda + 2 \Delta_e \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

" $\frac{h}{mc}$  - наст.група волни

$$2) 3C\partial: \frac{h\nu}{\lambda} + mc^2 = h\nu' + E_e$$

$$\frac{h\nu}{\lambda}$$

зверне  
нуме е

$$\frac{hc}{\lambda'}$$

бротий нуме  
стонин.

$$= mc^2 + T_e$$

" $T_e$ "

нуме зберегти

хардіків нулю  
нуме зберегти

нуме зберегти

зверте наст.група

$$h = 2\pi \nu, \nu = \frac{2\pi c}{\lambda}$$

$$T_e = hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} \right) = hc \left( \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda + 2 \Delta_e \sin^2 \frac{\theta}{2}} \right) \approx$$

$$T_e = \frac{hc}{\epsilon_{\text{нрп}}} \cdot \frac{2 \Delta_e \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\lambda + 2 \Delta_e \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

один.случай

$$3) E_e = \sqrt{p_e^2 c^2 + (mc^2)^2} = mc^2 + T_e$$

$$p_e^2 c^2 = (mc^2 + T_e)^2 - (mc^2)^2$$

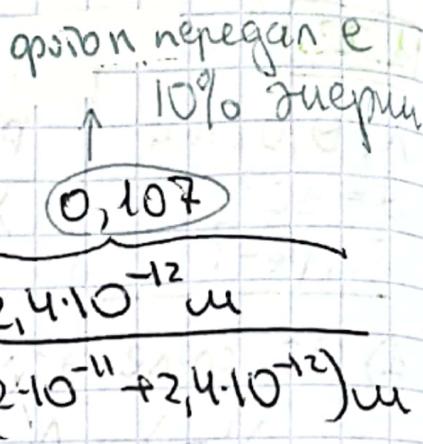
$$p_e^2 c^2 = T_e^2 + 2mc^2 T_e$$

$$4) \theta = 90^\circ, \lambda = 0,02 \text{ мкм}$$

$$T_e = \frac{hc}{\lambda} \cdot \frac{\Delta e}{\lambda + \Delta e} = \varepsilon_{\text{exp}} =$$

$$= \frac{4,135 \cdot 10^{-15} \text{ эВ} \cdot c \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,02 \cdot 10^{-9} \text{ м}} \cdot \frac{2,4 \cdot 10^{-12} \text{ м}}{(2 \cdot 10^{-11} + 2,4 \cdot 10^{-12}) \text{ м}}$$

$$\approx 7 \cdot 10^3 \text{ эВ} //$$

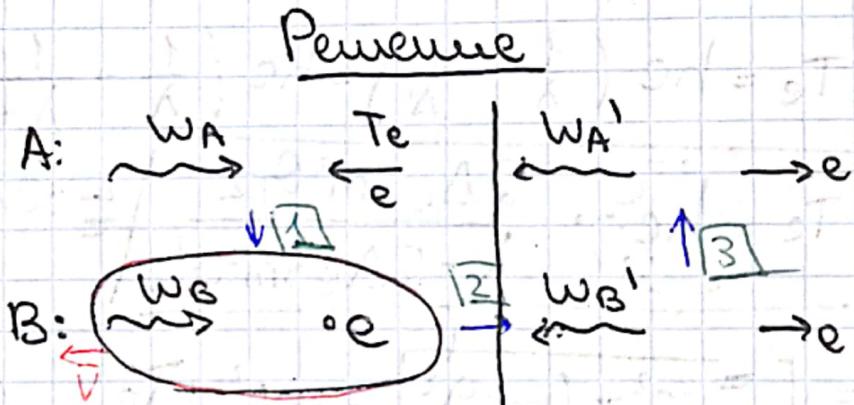


$$(p_e c)^2 = T_e^2 + 2 \underbrace{mc^2}_{5,11 \cdot 10^5 \text{ эВ}} \cdot T_e$$

$$p_e c \approx 8 \cdot 10^4 \text{ эВ} //$$

**1.35** Дано:  
 $\lambda = 0,6943 \text{ мкм}$   
 $T_e = 500 \text{ эВ}$   
 $\varepsilon_{\text{exp}} - ?$

A-лаб. CO  
B-CO, В кинем.  
Эн-и помешан



**1**) Эффект Комптона  $\rightarrow$  в кинематике, где они помешаны. Переходим в таинство ид. В из лаб. CO - A:

При переходе из 1 CO в др. вспоминается эффект Доппера - изменение  $w$ , вспомнили. приемники, приближ. эти конн.

В общем случае

$$\omega(\alpha) = \omega_0 \frac{\sqrt{1-v^2/c^2}}{1 - (\frac{v}{c})\omega_0 \alpha}$$

$\alpha -$  угол между  
вектором пресечения  
и вектором скорости

В нашем случае  $\alpha = 0$  (антипараллельные векторы)

Tогда  $\omega_B = \omega_A \frac{\sqrt{1-v^2/c^2}}{1-v/c} = \omega_A \sqrt{\frac{c^2-v^2}{(c-v)^2}} = \omega_A \sqrt{\frac{c+v}{c-v}}$

т.е.  $v$ -сумма движущих антипа в  $B$ ,

$\omega_A$  - частота вращения  $B$  в  $A$  ( $\omega_A = \frac{2\pi c}{\lambda}$ )

$\omega_B$  - частота вращения  $B$  в  $B$ .

2) Полные энергии частиц  $E_e = T_e + mc^2 \approx T_e$ ,  
 $500 \text{ Mars} \approx 0,5 \text{ M} \Omega \text{B}$

3)  $E_e = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$ , где  $\beta = \frac{v}{c}$

$mc^2 \ll T_e$

Tогда  $T_e = \frac{mc^2}{\sqrt{1-\beta^2}} \Rightarrow \beta = \sqrt{1 - \left(\frac{mc^2}{T_e}\right)^2} \approx 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{mc^2}{T_e}\right)^2$

4) Тогда  $\omega_B = \omega_A \sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} \approx \omega_A \cdot \sqrt{\frac{2}{\frac{1}{2} \left(\frac{mc^2}{T_e}\right)^2}} = \omega_A \cdot \frac{2T_e}{mc^2}$

2) В CO B по орле Комптона

$$w_B' = \frac{w_B}{1 + 2 \frac{\hbar w_B}{mc^2}} \quad (\text{т.к. } \chi_{\text{комп}} \text{ обратн. кин. зерн} \Rightarrow \Theta = 180^\circ)$$

3) Найдем обратно B A (ICO)

$$\begin{aligned} w_A' &= w_B' \cdot \frac{2Te}{mc^2} = \\ &= \frac{w_B}{1 + 2 \frac{\hbar w_B}{mc^2}} \cdot \frac{2Te}{mc^2} = \\ &= \frac{w_A \cdot \left( \frac{2Te}{mc^2} \right)^2}{1 + 2 \frac{\hbar w_A}{mc^2} \cdot \frac{2Te}{mc^2}} \end{aligned}$$

2) Знаям,

$$\epsilon_\gamma = \hbar w_A' = \hbar w_A \cdot \frac{\left( \frac{2Te}{mc^2} \right)^2}{1 + 2 \frac{\hbar w_A}{mc^2} \cdot \frac{2Te}{mc^2}}$$

$$3) \hbar w_A = \hbar \frac{2\pi c}{\lambda} = 6,6 \cdot 10^{-16} \text{ эВ} \cdot \text{с} \cdot \frac{2\pi \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{0,6943 \cdot 10^{-6} \text{ м}} = \\ = 2 \text{ эВ}$$

$$\text{Тогда } \frac{\hbar w_A}{(mc^2)^2} \cdot Te = \frac{2 \text{ эВ}}{(0,5 \cdot 10^6)^2 \text{ эВ}^2} \cdot 500 \cdot 10^6 \text{ эВ} = \\ = 4 \cdot 10^{-3} \ll 1.$$

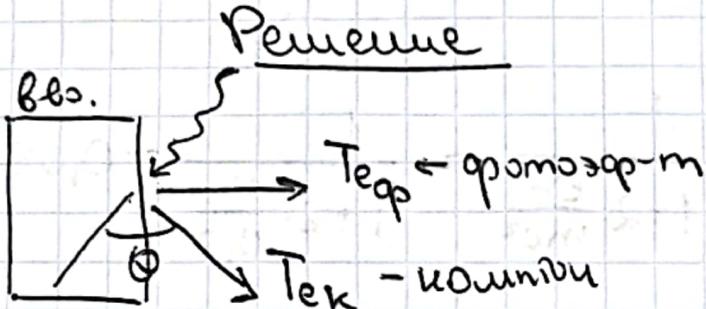
а) Знайдіть,

$$\varepsilon_{\gamma} = \hbar \omega_A \cdot \left( \frac{2T_e}{mc^2} \right)^2 = 2\pi B \cdot \left( \frac{2 \cdot 500 \text{ МГц}}{0,5 \text{ МГц}} \right)^2 = 8 \text{ МГц} //$$

1.39) Дано:

$$\varepsilon_{\gamma} = 5 \text{ МГц}$$

$$\frac{\Delta E}{E} - ?$$

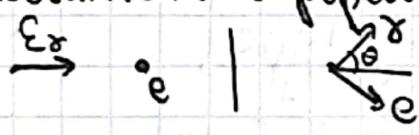


① Фото збуржі:

Ур-е збурження:  $\varepsilon_{\gamma} = A \sin \theta + T_{eq} \Rightarrow T_{eq} \approx \underline{\varepsilon_{\gamma}}$

$$5 \text{ МГц} \quad || \quad 10 \text{ Гц}$$

② Коинци-збуржі:



ЗСД:  $\frac{\hbar \omega + mc^2}{\varepsilon_{\gamma}} = \frac{\hbar \omega'}{\varepsilon_{\gamma}} + \underbrace{mc^2}_{\varepsilon_0} + T_{ek}$

$$\omega' = \frac{\omega}{1 + \frac{\hbar \omega}{mc^2}(1 - \cos \theta)}$$

$$T_{ek} = \frac{\hbar(\omega - \omega')}{\varepsilon_{\gamma}} = \frac{\hbar \omega}{\varepsilon_{\gamma}} \cdot \left( 1 - \frac{1}{1 + \frac{\hbar \omega}{mc^2}(1 - \cos \theta)} \right)$$

Максимальна кин.енергія буде при  $\cos \theta = -1$

$$\Rightarrow T_{ek} = \varepsilon_{\gamma} \left( 1 - \frac{1}{1 + 2 \frac{\varepsilon_{\gamma}}{mc^2}} \right)$$

$$\textcircled{3} \frac{\Delta E}{E} = \frac{T_{\text{top}} - T_{\text{bottom}}}{T_{\text{top}}} =$$

разрешение  
аппаратуры  
по энергии

$$= \frac{\varepsilon_{\gamma} - \varepsilon_{\gamma} \left(1 - \frac{1}{1 + 2 \frac{\varepsilon_{\gamma}}{mc^2}}\right)}{\varepsilon_{\gamma}}$$

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{1}{1 + 2 \frac{\varepsilon_{\gamma}}{mc^2}} \approx \frac{1}{1 + 2 \cdot \frac{5}{0,5}} = 0,05 = 5\% //$$

**1.48** Рано:

$$\begin{aligned} & \Sigma(p+n) \\ & \text{нановол} \\ & \text{учно} \\ \Delta E &= 1 \text{ МэВ} \\ A &= 100 \\ T &= 100 \text{ эВ} \\ \alpha^-? & \end{aligned}$$

$$\begin{array}{c} \Delta E \\ \xrightarrow{\text{вспро}} T \end{array}$$

Решение

$$\begin{array}{c} \text{вывод} \\ \varepsilon_{\gamma} = \Delta E \\ \alpha^-? \end{array}$$

Когда  $\gamma$ -квант испускается из ядра,  
он отдаёт часть своего импульса ядру

$\Rightarrow$  "забирает" себе не все  $\Delta E$ . ← отдана  
( $\Delta E$ -жёрные, возникшие, когда снимали  
испусканием  $\gamma$ -кванта). Эта потеря  
жёрги имен. автор. Доплера

# ① В системе нового ядра (B)

B:

$$\Delta \varepsilon$$

$$\longleftrightarrow \rightarrow \rightarrow \rightarrow$$

$$3\text{чи: } 0 = P_{\text{ядра}}^B + P_\gamma^B$$

$$3\text{ч2: } \Delta \varepsilon + mc^2 = \hbar \omega_B + mc^2 + T_{\text{ядра}}^B \leftarrow \begin{array}{l} \text{всем тут} \\ \text{как раз фигу,} \\ \text{что физик} \\ \text{приобр. энергии} \\ \neq \text{энергии} \\ \text{перехода} \\ \text{и т.д.} \end{array}$$

Rem  $T_e = 100 \text{ эВ} \Rightarrow \rightarrow \text{некорректно.}$

B new

$$T_{\text{ядра}}^B = \frac{P_{\text{ядра}}^B}{2M} = \frac{P_\gamma^B}{2M} = \frac{\hbar^2 \omega_B^2}{2Mc^2}$$

$$\text{Тогда } \Delta \varepsilon = \hbar \omega_B + \frac{\hbar^2 \omega_B^2}{2Mc^2}$$

уравнение

$$(\hbar \omega_B)^2 + 2Mc^2 (\hbar \omega_B) - 2Mc^2 \Delta \varepsilon = 0$$

$$\hbar \omega_B = \frac{-2Mc^2 \pm \sqrt{4(Mc^2)^2 + 4 \cdot 2Mc^2 \Delta \varepsilon}}{2}$$

$$\frac{\hbar \omega_B}{Mc^2} = -1 + \sqrt{1 + \frac{2\Delta \varepsilon}{Mc^2}} \approx$$

(масса ядра  $M = A \cdot m_p \Rightarrow Mc^2 = A m_p c^2 \sim 10^4 \text{ МэВ}$ )

$$\Rightarrow \frac{\Delta \varepsilon}{Mc^2} \ll 1$$

$$\approx -1 + \left( 1 + \frac{1}{2} \frac{2\Delta \varepsilon}{Mc^2} - \frac{1}{8} \cdot \frac{4\Delta \varepsilon^2}{Mc^4} \right) = \frac{\Delta \varepsilon}{Mc^2} \left( 1 - \frac{\Delta \varepsilon}{2Mc^2} \right)$$

$$\boxed{\hbar \omega_B = \Delta \varepsilon \left( 1 - \frac{\Delta \varepsilon}{2Mc^2} \right)}$$

## ② Неренгсун в 1квад. CO (A)

Рен. здр. в Доннере

$$\omega = \omega_0 \frac{\sqrt{1-\beta^2}}{1-\beta \cos \alpha} \approx \omega_0 \left(1 + \frac{V}{c} \cos \alpha\right)$$

непр. приближ. ( $\beta \ll 1$ )

Тогда земные & небесные в 1квад.

$$h\omega_A = h\omega_B \left(1 + \frac{V}{c} \cos \alpha\right) =$$

$$= \Delta \varepsilon \left(1 - \frac{\Delta \varepsilon}{2mc^2}\right) \left(1 + \frac{V}{c} \cos \alpha\right) = \Delta \varepsilon$$

$$1 + \frac{V}{c} \cos \alpha - \frac{\Delta \varepsilon}{2mc^2} - \frac{\Delta \varepsilon V \cos \alpha}{2mc^3} = X$$

$$\cos \alpha = \frac{\Delta \varepsilon}{2mcV}$$

$$\text{В нерен. случае } T = \frac{MV^2}{2} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2T}{M}}$$

кин. земные ядра

$$\cos \alpha = \frac{\Delta \varepsilon}{2\sqrt{2Tmc^2}} = \frac{10^6 \cdot 2B}{2 \cdot \sqrt{2 \cdot 100 \text{эВ} \cdot 938 \cdot 10^6 \cdot 100 \text{эВ}}} = \\ = 0,116 \Rightarrow \alpha = 80^\circ //$$