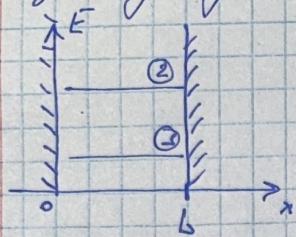


### Задача 1-2

№1. Рассмотрим об. задачу про. квадр. б. электрическим полем. Влияние изолированного заряда на движение частиц не учитывается. Сущест. огранич.



$$H_y = E_y$$

$$\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m}$$

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \psi''(x) = E_y(x); \quad n = \sqrt{\frac{\omega_m E}{\hbar^2}}$$

$$\psi'' + k^2 \psi = 0$$

$$\psi(x) = C_1 \cos kx + C_2 \sin kx$$

$$\psi(0) = \psi(L) = 0$$

$$\psi(0) = C_1 = 0 \Rightarrow \psi(x) = C_2 \sin kx$$

из н.з.м.п.н.

$$\psi(L) = \sin kL = 0 \Rightarrow kL = \pi n$$

$$k = \frac{\pi n}{L}$$

$$\psi_n = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{\pi n x}{L}\right)$$

$$k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2} = \frac{\pi^2 n^2}{L^2} \Rightarrow E_n = \frac{\pi^2 \hbar^2 n^2}{2mL^2}$$

До п. задачи про эл. поле. б.з.:

$$\begin{aligned} \Delta n &= \text{недое} \\ \Delta l &= \pm 1 \\ \Delta m &= 0, \pm 1 \\ \Delta m_s &= 0 \end{aligned} \quad \left. \begin{array}{l} \text{ax. нед.} \\ \text{ax. нед.} \end{array} \right\}$$

Также имеем  $\int_{mn} \neq 0$ :

$$\begin{aligned} \Rightarrow \int_{mn} &= \tilde{e} \int_0^L \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{\pi m x}{L}\right) \times \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{\pi n x}{L}\right) dx = \\ &= \tilde{e} \cdot \frac{2}{L} \int_0^L x \cdot \sin\left(\frac{\pi m x}{L}\right) \sin\left(\frac{\pi n x}{L}\right) dx = \\ &= \tilde{e} \int_0^L x \cdot \left( \cos\left[\frac{\pi x}{L}(m-n)\right] - \cos\left[\frac{\pi x}{L}(m+n)\right] \right) dx = \\ &= \tilde{e} \int_0^L x \cdot \cos\frac{\pi x}{L}(m-n) dx - \int_0^L x \cdot \cos\frac{\pi x}{L}(m+n) dx = \quad \left. \begin{array}{l} \text{no. нед.} \\ \text{no. нед.} \end{array} \right\} = \\ &= \tilde{e} \left[ \frac{x^2}{2(m-n)} \sin\frac{\pi(m-n)}{L} x \right]_0^L - \left[ \frac{x^2}{2(m+n)} \sin\frac{\pi(m+n)}{L} x \right]_0^L = \\ &= \tilde{e} \left[ \frac{L^2}{2(m-n)} \sin\frac{\pi(m-n)}{L} x \right]_0^L + \left[ \frac{L^2}{2(m+n)} \sin\frac{\pi(m+n)}{L} x \right]_0^L = \\ &= \tilde{e} \left[ \frac{L^2}{2(m-n)^2} \cos\frac{\pi(m-n)}{L} x \right]_0^L - \left[ \frac{L^2}{2(m+n)^2} \cos\frac{\pi(m+n)}{L} x \right]_0^L = \end{aligned}$$

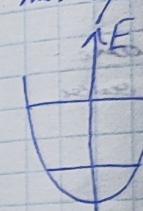
$$= \frac{\tilde{e} L^2}{L^2(m-n)^2}$$

$$m = l;$$

$$\frac{\tilde{e} L}{\pi^2} \cdot \int_0^L$$

$$= \frac{\tilde{e} L}{\pi^2}$$

(3)  
№2. Проб.



б-б

n3  
 $\frac{3}{n}$

Синусы

$R_1$

$R_3$

$R_{10}$

$$= \frac{\tilde{e}^2}{\pi^2} \left[ \frac{l}{(m-n)^2} (\cos(\pi(m-n)) - 1) - \frac{1}{(m+n)^2} (\cos(\pi(m+n)) - 1) \right]$$

$$\begin{aligned} m &= 3 & n &= 1 \\ 3-1 &= 2 & & \\ 3+1 &= 4 & \rightarrow \sqrt{3_1} = 0 \\ m &= 4 & n &= 1 \end{aligned}$$

$m=2, n=1$

$$\begin{aligned} \frac{\tilde{e}^2}{\pi^2} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} (-1-1) dx &= -\frac{1}{9} (-1-1) \\ = \frac{\tilde{e}^2}{\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} -2 + \frac{2}{9} dx &= -\frac{\tilde{e}^2}{\pi^2} \cdot \frac{16}{9} \end{aligned}$$

(3) №. Проверка ортогональности гармоник. ортогональность



$$E_n = \frac{h\nu_0}{n + \frac{1}{2}} ; \quad \vec{V} = -(\vec{j}, \vec{E}_0) = -e \vec{E}_0 \hat{x}$$

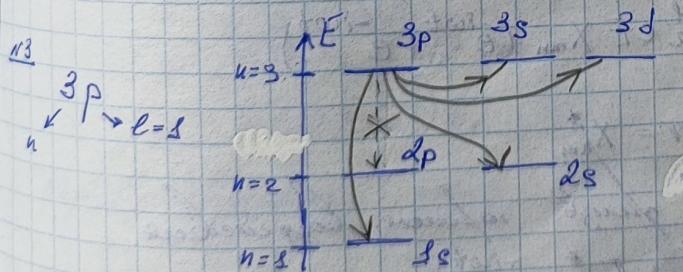
Рассмотрим пару:  $x_{nm} = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi_m(x) \cdot x \psi_n(x) dx \rightarrow$  неравенство

и-то решаемая задача - решение:

$$x_{nm} = x_0 \left( \sqrt{\frac{n}{2}} \delta_{m,n-1} + \sqrt{\frac{n+1}{2}} \delta_{m,n+1} \right) \text{ где } x_0 = \sqrt{\frac{h}{m\nu_0}}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} m=n-1 \\ m=n+1 \end{cases} \Rightarrow \boxed{\Delta n = \pm 1}$$

Более легкий переход только для соседних уровней.



$$\psi_{3p} = \left\{ \begin{array}{l} l=1 \\ m=0, \pm 1 \end{array} \right\} = C_1 \psi_{310} + C_2 \psi_{311} + C_3 \psi_{31-1}$$

Самый интересный на практике:  $3p \rightarrow 1s$ .

$$\psi_{1s} = \psi_{100}(r, \theta, \varphi) = R_{10}(r) \cdot Y_{00}(\theta, \varphi)$$

$$R_{31} = \frac{8}{27\sqrt{6}a_0^3} \cdot \frac{r}{a_0} \left( 1 - \frac{r}{6a_0} \right) \cdot \exp \left( -\frac{r}{6a_0} \right)$$

$$R_{10}(r) = \frac{2}{a_0^{3/2}} e^{-\frac{r}{a_0}}$$

$$\text{где } a_0 = \frac{h^2}{me^2}$$

(1) №4. Обычное пренебрежение теории возмущения вносит ошибку при определении его  $\frac{\partial \omega}{\partial \theta}$ -значения на  $\omega_{12}$  и  $\omega_{mn}$  в первом порядке  $10^{\frac{1}{2}}$ .

$$\frac{\partial \omega}{\partial \theta} = (\hat{R}_0 + \hat{V}) \frac{\partial}{\partial \theta}(\hat{r}, \hat{\theta}) \text{ где } \hat{V} \rightarrow \text{const} \ll \hat{R}_0$$

$$\theta = 121 \text{ мес.} \Rightarrow \text{переход } 2p \rightarrow 1s. \quad V_{mn} < N_{mn}^{(0)}$$

$$M.S. |\Delta E| = |E_1 - E_2| > |V_{21}|$$

$$E_2 - E_1 = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \approx \frac{6,63 \cdot 10^{-34}}{10^1 \cdot 10^{-9}} \cdot 3 \cdot 10^8 \approx 0,18 \cdot 10^{-17} \approx 1,8 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$V_{12} = -(\vec{J}_{12}, \vec{E}) \approx \tilde{e} \cdot r_0 \cdot E \sim \tilde{e} r_0 \cdot \sqrt{\frac{8\pi I}{c}} \approx 10^{-22}$$

$$\frac{|E|^2}{8\pi} = \frac{I}{c} \Rightarrow E = \sqrt{\frac{8\pi I}{c}} \approx 4,8 \cdot 10^{-10} \text{ J} \approx 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ eV} \cdot \sqrt{\frac{8\pi I}{c}}$$

$$\text{иначе } + V_{21} = \frac{J_{12} E}{\hbar} \ll \frac{2\pi c}{\lambda}$$

№5. При двухуровневой системе возникает заб-тв. вероятности переходов. В первом порядке от времени под действием внешнего воздействия этого порядка, но неизвестно  $\omega = \omega_{12} + \delta\omega$

Пр-е Моделирова в представлении ознако-я:

$$i\hbar \dot{C}_m = \sum_n V_{mn} C_n e^{i\omega_{mn} t} \text{ где } \omega_{mn} = \frac{E_m - E_n}{\hbar}$$

Рассмотрим монокром. Волна:

$$\hat{V} = \hat{e} \times \hat{E} \cos \omega t$$

$$V_{mn} = eE X_{mn} \cos \omega t = \frac{1}{2} eE X_{mn} (e^{i\omega t} + e^{-i\omega t})$$

~~где  $X_{mn} = \int \hat{J}_m \times \hat{J}_n dV = X_{mn}^*$~~

Более общий случай звукового излучения. Возможен.

~~$V_{mn} = (F_{mn} e^{-i\omega t} + F_{mn}^* e^{+i\omega t})$~~

~~$\Rightarrow i\hbar \dot{C}^{(1)} = F_{mn} e^{i(\omega_{12}-\omega)t} + F_{m1}^* e^{i(\omega_{12}+\omega)t}$~~

~~$\Rightarrow C_{12}^{(1)} = \frac{1}{i\hbar} \left[ \frac{F_{12} e^{i(\omega_{12}-\omega)t}}{i(\omega_{12}-\omega)} + \frac{F_{21}^* e^{i(\omega_{12}+\omega)t}}{i(\omega_{12}+\omega)} \right]$~~

ищем  $\omega$  подавливающее звук

При этом мы можем выделить звук и разложить:

$$\omega \approx \omega_{12} + \delta\omega$$

Найпростіше:

$\omega_0 = \omega_{12}$

$$\begin{aligned} i\hbar \dot{C}_2 &= C_1 (F_{21} e^{-i\omega t} + F_{12}^* e^{i\omega t}) \cdot e^{i\omega_1 t} \quad \omega = \omega_{12} + \delta\omega \\ i\hbar \dot{C}_1 &= C_2 (F_{12} e^{+i\omega t} + F_{21}^* e^{-i\omega t}) e^{i\omega_1 t} \end{aligned}$$

незав.  $\rightarrow$  пресоф.

$$\Rightarrow \begin{cases} i\hbar \dot{C}_2 = C_1 \cdot e^{-i\delta\omega t} \cdot F_{21} \\ i\hbar \dot{C}_1 = C_2 \cdot F_{21}^* \cdot e^{i\delta\omega t} \end{cases}$$

Введемо новійше позначення:  $C_2 = b_2 e^{-i\delta\omega t/2}$ ;  $C_1 = b_1 e^{i\delta\omega t/2}$

$$\Rightarrow i\hbar(b_2 - i\frac{\delta\omega}{2}b_2) = F_{21}b_1 (i\hbar b_1 + i\frac{\delta\omega}{2}b_1) = F_{21}^*b_2$$

$$\begin{Bmatrix} b_2(t) \\ b_1(t) \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} b_2 \\ b_1 \end{Bmatrix} e^{-i\omega t} \rightarrow \text{независимо}$$

$$i\hbar(-i\omega - i\frac{\delta\omega}{2})b_2 = F_{21}b_1$$

$$i\hbar(-i\omega + i\frac{\delta\omega}{2})b_1 = F_{21}^*b_2$$

$$\Rightarrow \begin{Bmatrix} i\hbar(\omega + \frac{\delta\omega}{2})b_2 \\ i\hbar(\omega - \frac{\delta\omega}{2})b_1 \end{Bmatrix} = F_{21}b_1$$

$$i\hbar(\omega - \frac{\delta\omega}{2})b_1 = F_{21}^*b_2$$

Крім. функції координат:  $\hbar^2(\omega^2 - \frac{\delta\omega^2}{4}) = |F_{21}|^2$  масової частоти

$$\Rightarrow \omega_p^2 = \frac{\delta\omega^2}{4} + \frac{|F_{21}|^2}{\hbar^2}$$

Приклад:  $\begin{Bmatrix} b_2(t) \\ b_1(t) \end{Bmatrix} = C_1 \begin{Bmatrix} b_2 \\ b_1 \end{Bmatrix} e^{-i\omega t} + C_2 \begin{Bmatrix} b_2 \\ b_1 \end{Bmatrix} e^{i\omega t}$

$$b_2'' = F_{21} \quad ; \quad b_1'' = \hbar(\pm\omega + \frac{\delta\omega}{2})$$

Друга функція:

$$\begin{Bmatrix} b_2(t) \\ b_1(t) \end{Bmatrix} = C_1 \begin{Bmatrix} F_{21} \\ \hbar(\omega + \frac{\delta\omega}{2}) \end{Bmatrix} e^{-i\omega t} + C_2 \begin{Bmatrix} F_{21} \\ \hbar(-\omega + \frac{\delta\omega}{2}) \end{Bmatrix} e^{i\omega t}$$

Тоді зустрічається в координатах:  $b_2(t=0) = 0 \quad b_1(t=0) = 1$ .

$$\Rightarrow C_1 = \frac{1}{\hbar^2(\omega + \frac{\delta\omega}{2})}$$

N5. Винченцо. задача Ради сила при остаточном разогреве  
 (2) газа в камере есть 1 на 02 энф. проводки из. кв. см.

$$\omega_p^2 = (\Delta \omega)^2 + \left( \frac{W_{\text{мк}}}{t} \right)^2$$

$$\text{Ces. N.S. } \rightarrow \omega_{12} = - \frac{\tilde{e} L}{2\pi^2} \cdot \frac{16}{9}$$

$$V_{12} = \omega_{12} \cdot E_0 = - \frac{16 \tilde{e} L}{9\pi^2} E_0$$

$$\left| \frac{E_0}{8\pi} \right|^2 = \frac{I}{c} \Rightarrow E_0 = \sqrt{\frac{8\pi I}{c}}$$

$$\Rightarrow \omega_p = \left| \frac{W_{\text{мк}}}{t} \right| = \frac{16 \tilde{e} L}{9\pi^2 t} \sqrt{\frac{8\pi I}{c}}$$

## Университетский спектр. линии.

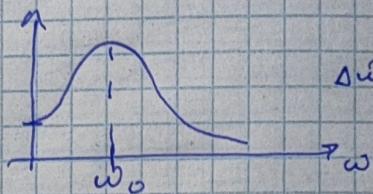
14. Установите, что форма спектра  $\tilde{f}(t)$  в виде  $e^{i\omega_0 t} e^{-\frac{t}{2}}$  неизменна.

$$\tilde{f}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) e^{i\omega_0 \tau} e^{-i\omega_0 t} d\tau \xrightarrow{\text{При } \omega_0 = \omega_0} S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{f}(t) e^{-i\omega t} dt = \int_{-\infty}^{\infty} \tilde{f}(t) e^{i\omega_0 t} e^{-i\omega t} dt = \frac{A_0}{\omega_0 + i\omega - i\omega_0} = \frac{A_0 \omega}{\omega + i\omega_0(\omega - \omega_0)}$$

$$|S(\omega)| = \frac{A_0 \omega}{\sqrt{1 + \omega^2(\omega - \omega_0)^2}}$$

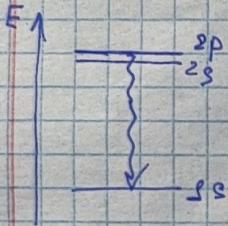
Инерционный спектр:

$$S(\omega) \cdot S^*(\omega) = \frac{A_0 \omega}{\omega + i\omega_0(\omega - \omega_0)} \cdot \frac{A_0 \omega}{\omega - i\omega_0(\omega - \omega_0)} = \frac{A_0^2 \omega^2}{(\omega - \omega_0)^2 + (\frac{1}{\tau})^2}$$



$$\Delta\omega = \frac{2}{\tau \omega_0}$$

15. Рассмотрите спектр линии  $2p - 1s$  перехода в системе координат.



$$\Delta\omega = \Delta E = \frac{4}{3} \frac{(\omega)^3}{\hbar c^3} \frac{1}{\alpha_B^2}$$

$$\Delta E = \int \chi_{2p} \int \chi_{1s} \sqrt{r^3}$$

$$\alpha_B = \frac{\hbar^2}{m_e c^2}$$

$$\chi_{1s} = R_{10}(r) Y_{00}(\theta, \phi) = \frac{2}{\alpha_B^{3/2}} e^{-\frac{2r}{\alpha_B}} \frac{1}{\sqrt{4\pi}}$$

$$\rightarrow \chi_{2p} = R_{21}(r) \left( Y_{10} \right) = \frac{1}{2\sqrt{6} \alpha_B^{5/2}} e^{-\frac{2r}{\alpha_B}} \cdot \frac{r}{\alpha_B} \cdot \sqrt{\frac{3}{\pi}} \cos \theta$$

$$\Delta E = \int \frac{2}{\alpha_B^{5/2}} e^{-\frac{2r}{\alpha_B}} \cdot \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \cdot \vec{e} r (\cos \theta \sin \phi \vec{x} + \sin \theta \sin \phi \vec{y} + \cos \theta \vec{z}) \cdot$$

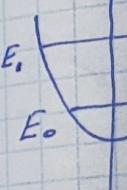
$$\cdot \frac{1}{2\sqrt{6} \alpha_B^{5/2}} e^{-\frac{2r}{\alpha_B}} \cdot \frac{r}{\alpha_B} \cdot \sqrt{\frac{3}{\pi}} \cos \theta dr$$

$$\omega_0 = 1,58 \cdot 10^{16} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\Delta E = 2 \cdot 10^{-15} = 4,8 \cdot 10^{-10} \cdot 0,5 \cdot 10^{-8} \approx 2,4 \cdot 10^{-18} \text{ эВ. с. с.}$$

$$\Delta\omega = \frac{4}{3} \frac{\omega_0^3 \cdot \Delta E}{\hbar c^3} \approx 2,9 \cdot 10^8 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

11. Настройка перехода



Частота

Частота

15. Показать, что

15. Рассчитать амплитудное уширение спектр. линий полоса пропускания (затухание) в б-вах симметричных полос?

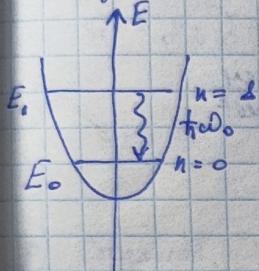
Было:  $P_{B \rightarrow q} = \frac{\omega^3 (\vec{E}_2 + \vec{E}_{0q})}{\alpha \pi h c^3} n_2 F(\omega) \cdot g_B \sim \text{амп. спектр}$

Следовательно  $n_2 \uparrow \Rightarrow P \uparrow \sim \frac{1}{\epsilon} \Rightarrow \epsilon \downarrow \Rightarrow \Delta \omega \uparrow$

$$P_{\text{спр}} = n_2 P_{\text{ен.}} \quad \Delta E \sim \Delta \omega \quad \begin{array}{c} \nearrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \\ \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \end{array} 2$$

$$\begin{array}{c} \nearrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \\ \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \end{array} 1$$

11. Находите амплитуду линии спектр. излучения, имеющей гармон. осцилляции при переходе  $E_1 \rightarrow E_0$ . Найдите ее зависимость от энергии?



Все зависят от частоты. Всп-ти  $3 \rightarrow 2; 2 \rightarrow 1; 1 \rightarrow 0$

Симметрический  $\chi_{mn} \rightarrow$  несимметрический  $\chi_{mn} \rightarrow$  если  $P \uparrow \Rightarrow \Delta \omega \uparrow$   
-также должны изменяться.  $\Rightarrow$  несимметрический звуковой

$$\Delta \omega_{en} = \Delta \omega_0 = \frac{4}{3} \frac{\omega_0^2}{h} \frac{1}{C^3}$$

Ищется аналогично  $J_{10}$

$$J_{10} = \tilde{e} \int_{-\infty}^0 \varphi_1(x) \cdot x \varphi_0(x) dx$$

Член-и из об-ва / помножить  
Чебышева - Гаусса

$$\chi_{mn} = x_0 \left( \sqrt{\frac{n}{2}} \sum_{m,n-s} + \sqrt{\frac{n+s}{2}} \sum_{m,n+1} \right)$$

$m = s$   
 $n = 0$

$$x_{10} = x_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{2}} \Rightarrow J_{10} = \tilde{e} x_0 \cdot \sqrt{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow \Delta \omega = \frac{4}{3} \frac{\omega_0^2}{h C^3} \cdot \frac{e^2 x_0^2}{2}$$

Найдо:  $\varphi_0(x) = \frac{1}{\sqrt{x_0 \sqrt{\lambda}}} \exp \left[ -\frac{x^2}{2x_0^2} \right]$

↑   
 звуковое  
излучение

$$\varphi_1(x) = \frac{1}{\sqrt{2x_0 \sqrt{\lambda}}} \cdot \frac{2x}{x_0} \exp \left[ -\frac{x^2}{2x_0^2} \right]$$

12. Число вспл. дисперсии  $\delta$  определяется для  $\text{CO}_2$ -газородиа (дисперсия  $\delta = 10,6 \text{ мкм}^6$ ,  $l = 50 \text{ мкм}$ ,  $T = 300^\circ\text{K}$ ), если изотермия поддерживается  $p = 100 \text{ тор.}$ ;  $\nu_{\text{норм}} = 5 \cdot 10^{-14} \text{ см}^3$ .

1.) Дополнительное дисперсии:

$$\Delta \omega_d = 2 \sqrt{\ln 2} \cdot \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\alpha c \delta}{m_0}} \approx 18 \cdot 10^8 \text{ рад/с.}$$

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi c}{\lambda} \approx 9,78 \cdot 10^{14} \text{ рад/с.}$$

$$m_0 = \frac{M_{\text{Fe}}}{N_A} \approx \frac{186 \text{ г/моль}}{6 \cdot 10^{23} \text{ моль}} \approx 24 \cdot 10^{-23} \text{ кг.}$$

2.) Сопротивляемое ускорение:

$$\zeta_{\text{допр.}} = \sqrt{\frac{m_0 \delta}{\rho}} \cdot \frac{1}{\sqrt{R \cdot P}}; \quad P = 133322 \frac{\text{Пас}}{\text{мм}^2}$$

$$\Delta \omega_{\text{допр.}} = \sqrt{P} \cdot \sqrt{\frac{\delta}{m_0 R \rho}} \approx$$

$\sqrt{P}$ -предоступно конф. енергии и константа.

$$\sqrt{P} = \sqrt{\rho \left(\frac{\lambda}{2}\right)^2} \approx 8,92 \cdot 10^{-19} \text{ кг}^2 \approx 8,92 \cdot 10^{-15} \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

3.) Полное дисперсии:

$$P_{\text{дисп.}} = \frac{\zeta_{\text{дисп.}} \cdot I}{\zeta_{\text{норм.}}} \quad \zeta_{\text{дисп.}} \sim \frac{1}{P}$$

$$I = \frac{V}{\rho \left(0,05 \text{ мкм}\right)^2} \approx 25465 \frac{\text{Вт}}{\text{мм}^2} = 25 \cdot 10^{10} \frac{\text{Вт}}{\text{кг} \cdot \text{мм}^2}$$

$$\Delta \omega_{\text{дисп.}} \sim P_{\text{дисп.}} \sim$$

4.) Сопротивление:  $A_{\text{дисп.}} = \frac{4}{3} \frac{\omega^3}{\pi C^2} \sqrt{J_{21}}$

$$\sqrt{J_{21}} = \frac{q_0^2 \omega}{\pi C} F(\omega) \left(e^{\frac{-\omega}{\omega_{\text{норм}}}} - 1\right)^2 \sim \sqrt{J_{21}} \approx \frac{\sqrt{J_{21}} \cdot h \cdot C}{4,5 \cdot \omega}$$

$$F(\omega) \approx \frac{2}{\Delta \omega_{\text{дисп.}}}$$

13. Оп-тг. состоит, доп-р., из двух частей: магнитной и газовой. Частота излучения  $\lambda = 632,8 \text{ нм}$  в He-N<sub>2</sub> при давлении  $P_{\text{He}} = 1 \text{ раб.}$ ,  $P_{\text{N}_2} = 0,2 \text{ раб.}$  при  $T = 400 \text{ K}$ .

$$\Sigma(3S_2) = 60 \text{ нс} ; \Sigma(2P_1) = 20 \text{ нс} ; I_{\text{магн}} = 6 \cdot 10^{-14} \text{ ам}^2$$

$$1) \Delta\omega_{\text{газ.}} = \frac{\rho}{\Sigma_2} = \frac{\rho}{\Sigma_{3S_2}} + \frac{\rho}{\Sigma_{2P_1}} \approx 6,7 \cdot 10^7 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

2) Дополнительное: He - просо буферный газ

$$\Delta\omega_2 = 2\sqrt{\ln 2} \cdot \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{2\pi\rho}{m_0}} \approx 9,6 \cdot 10^9 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\omega = 2\pi\nu = 2\pi \frac{c}{\lambda} \approx 3 \cdot 10^{15} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$m = \frac{M_{\text{атом}}}{N_A} \approx \frac{20 \text{ г/моль}}{6 \cdot 10^{23} \text{ атом}} \approx 3,33 \cdot 10^{-23} \text{ кг}$$

3) Суммарно:

$$\Delta\omega_{\text{сум}} = \sqrt{\frac{\rho}{m_0 \Sigma}} (\Delta\omega_0)^2 \quad \Delta\omega_0 = 38 \cdot 10^{-10} \text{ си}$$

$$\rho = P_{\text{He}} + P_{\text{N}_2} = 1,2 \text{ раб.} \approx 1,2 \cdot 133,32 \text{ Па} = 159,98 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} = 1599 \frac{\text{дюйм}}{\text{дюйм}^2}$$

$$\Rightarrow \Delta\omega_{\text{сум}} \approx \sqrt{\frac{\rho}{3,33 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot 1,38 \cdot 10^{-10} \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot 400 \text{ К}}} \approx 9,4 \cdot 10^{-4} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

17. Син. размык.  $\rightarrow$  + излучение звук. 13/12.

18. Гашение фона излучения газа происходит за время  $\sim 10 \text{ нс}$ . Гашение синхронизировано с излучением газа в установке излучения  $\sim 10 \text{ нс}$ .

$$\lambda = 10 \text{ нс.} \rightarrow \omega_2 = 2\pi\nu = 2\pi \frac{c}{\lambda} \approx 1,88 \cdot 10^{17} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$A_{\text{вып.}} = \frac{4}{3} \frac{\omega_2^3 \sqrt{6a}}{h c^3} \approx \frac{1}{T_{\text{вып.}}} = 10^{-8} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$A_{\text{вып.}}^{\text{пено.}} = \frac{4}{3} \frac{\omega_2^3 \sqrt{6a}}{h c^3}$$

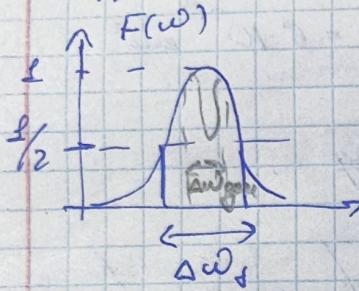
$$\Rightarrow \frac{A_{\text{пено.}}}{A_{\text{вып.}}} = \frac{\omega_2^5}{\omega_1^3} \Rightarrow A_{\text{пено.}} \approx A_{\text{вып.}} \frac{\omega_2^5}{\omega_1^3} \approx 10^{13} \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

вып. пено.  $\sim 380 - 750 \text{ нс.}$  Гашение  $\sim 500 \text{ нс.}$

$$\omega_1 \approx 3,7 \cdot 10^{15} \text{ си.}$$

19. Доплеровская амплитуда  $\sim 10^{-8}$  паскаль на высоте 500 м. Время излучения  $\sim 10^{-8}$  с. Продолжительность излучения  $\sim 10^{-8}$  с. Оцените времена

до и после излучения



$$\Delta \omega_d = 2 \sqrt{\ln 2} \cdot \frac{\omega_0}{c} \sqrt{\frac{2 \pi k T}{c}}$$

Сколько времени для всех излучений, до и после, требуется для излучения?  $\rightarrow$  нужно проанализировать  $\sim \Delta \omega_d$  ?

20. Некоторый  $N_f^{3+}$  в единице объема излучает  $\sim 10$  импульсов в секунду. Каждый импульс верхнего излучения содержит  $\sim 10^8$  квантов. Число излучающих квантов  $\sim 10^8$  с  $\sim 10^8$  импульсов в секунду. Каждый импульс излучения содержит  $\sim 10^8$  квантов. Каждый импульс излучения содержит  $\sim 10^8$  квантов.

$$\lambda = 3,06 \text{ микр.}$$

?

$$\Delta \lambda = \frac{c}{\lambda^2} \Delta \lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{(3,06 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 10^{-8} = 3 \cdot 10^{12} \text{ Гц.}$$

$$\Delta \lambda \gg 10^8 \text{ см}^{-1}$$

Задача 4. Установка вибрации в генераторе имеет вид  $y_n = \sqrt{\frac{2}{\alpha}} \sin\left(\frac{\omega_n x}{\alpha}\right)$ . При установке генератора настройка  $E(t) = \int_0^T E_0 e^{i\omega t} dt$ , где  $t \in [0, T]$ . Видимо, что вибрация возникает из-за изменения  $x$  начиная с  $t > 0$ . Сформулируйте соответствующую проблему и ее решение.

Задача 4. Установка вибрации в генераторе имеет вид  $y_n = \sqrt{\frac{2}{\alpha}} \sin\left(\frac{\omega_n x}{\alpha}\right)$ . При установке генератора настройка  $E(t) = \int_0^T E_0 e^{i\omega t} dt$ , где  $t \in [0, T]$ . Видимо, что вибрация возникает из-за изменения  $x$  начиная с  $t > 0$ . Сформулируйте соответствующую проблему и ее решение.

$$C_m^{(s)}(t) = \frac{1}{i\hbar} \int_{-\infty}^t V_{mn}(t') e^{i\omega_{mn} t'} dt'$$

$$\hat{V} = -e_0 \tilde{E}(t) \hat{x}; \quad \omega_{mn} = \frac{E_m^{(0)} - E_n^{(0)}}{\hbar}$$

Для определения  $E_n$ :  $E_n = \frac{\hbar^2 k^2 u^2}{2ma^2}$

$$V_{mn} = \int_0^a q_m * \hat{V} q_n dx = +\tilde{e}_0 \tilde{E}(t) \cdot \frac{2}{a} \int_X \sin \frac{\omega_m x}{a} \cdot \sin \left( \frac{\omega_n x}{a} \right) dx = \left\{ \text{одн. сл} \right\} =$$

$$= +\tilde{e}_0 \tilde{E}(t) \cdot \frac{2}{a} \cdot \frac{1}{a} \cdot \frac{a^2}{\pi^2} \int_{(m-n)^2}^{\infty} \frac{(-1)^{m-n} - 1}{(-1)^{m+n}} - \frac{(-1)^{m+n} - 1}{(m+n)^2} dt =$$

$$= \frac{\tilde{e}_0 \tilde{E}(t) a}{\pi^2} \left[ \frac{(-1)^{m-n} - 1}{(m-n)^2} - \frac{(-1)^{m+n} - 1}{(m+n)^2} \right] \neq 0 \quad \text{если } m \neq n$$

$$P_{n \rightarrow m} = |C_m^{(s)}(t)|^2 = \frac{1}{\hbar^2} \left| \int_0^t V_{mn} * \frac{\tilde{e}_0 a}{\pi^2} \cdot E_0 \sin \omega t \cdot e^{i\omega_{mn} t} dt \right|^2 =$$

$$= \frac{|V_{mn}|^2 |\tilde{e}_0|^2 a^2}{\hbar^2 \pi^4} \left| \int_0^t \frac{e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}}{2i} \cdot e^{i\omega_{mn} t} dt \right|^2 =$$

$$= \frac{|V_{mn}|^2 |\tilde{e}_0|^2 a^2}{\hbar^2 \pi^4} \cdot \left| \frac{e^{i(\omega + \omega_{mn})t}}{i(\omega + \omega_{mn})} - \frac{e^{i(\omega_{mn} - \omega)t}}{i(\omega_{mn} - \omega)} \right|^2 =$$

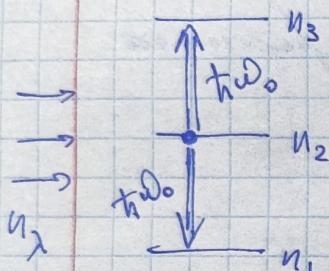
$$= \frac{|V_{mn}|^2 |\tilde{e}_0|^2 a^2}{4\hbar^2 \pi^4} \cdot \left| \frac{e^{i(\omega + \omega_{mn})t} - 1}{i(\omega + \omega_{mn})} - \frac{1 - e^{-i(\omega - \omega_{mn})t}}{i(\omega - \omega_{mn})} \right|^2$$

$$\text{тогда } t > T \Rightarrow \int_0^T = \Rightarrow$$

$$P_{n \rightarrow m} = \frac{|V_{mn}|^2 |\tilde{e}_0|^2 a^2}{4\hbar^2 \pi^2} \left| \frac{e^{i(\omega + \omega_{mn})T} - 1}{i(\omega + \omega_{mn})} - \frac{1 - e^{-i(\omega - \omega_{mn})T}}{i(\omega - \omega_{mn})} \right|^2$$

10. Известно ли получение изотропического (однородного) излучения в изотропном излучении? Определите в электродвигателе. Причина?

Решение - на 3 уровне.



Также в начале есть два уровня. Но что решает излучение? Куда передает?

$$P_{2 \rightarrow 3}^{\text{нов}} \sim d_{32} ; P_{2 \rightarrow 1}^{\text{нов}} \sim d_{12}$$

$n_3$  вб-в

$$X_{mn} = X_0 \left( \sqrt{\frac{n}{2}} \sum_{m,n-1} + \sqrt{\frac{n+1}{2}} \sum_{m,n+1} \right)$$

Частотный-Фильтр

$$d_{32} \sim X_{32} \rightarrow X_{32} = X_0 \left( \sqrt{\frac{1}{2}} \sum_{3,1} + \sqrt{\frac{3}{2}} \sum_{3,3} \right) = \sqrt{\frac{3}{2}} X_0$$

$$d_{12} \sim X_{12} \rightarrow X_{12} = X_0 \left( \sqrt{\frac{1}{2}} \sum_{1,2} + \sqrt{\frac{3}{2}} \sum_{1,3} \right) = X_0$$

$$P_{2 \rightarrow 3}^{\text{нов}} > P_{2 \rightarrow 1}^{\text{нов}} \rightarrow \underline{\text{излучит?}}$$

24. Наиболее часто сдвиг неоднозначен, поскольку имеет 2x уравнений, чтобы, и  
использует только один  $\chi_{ik}$  соответствующего под-решения.

Следует использовать:  $\vec{P} = \chi \vec{E}$ , где  $\chi = \chi_{ik}' + i \chi_{ik}''$

В линейных приближениях г.г. для неоднозначности:

$$\ddot{\vec{P}} + \frac{2}{T_2} \dot{\vec{P}} + (\omega^2 + \frac{1}{T_2^2}) \vec{P} = f(t) \quad \text{где } f(t) = \vec{E}_0 e^{i\omega t}$$

$$\Rightarrow \vec{P}(\omega) = \frac{J_{21}(\vec{J}_{21} \cdot \vec{E}_0) N_0}{h} \cdot \frac{(\omega_{21} - \omega) \cos \omega t + i \frac{1}{T_2} \sin \omega t}{(\omega - \omega_{21})^2 + \frac{1}{T_2^2} + \left(\frac{J_{21} E_0}{h}\right)^2 \frac{T_1}{T_2}} \quad (*)$$

$$\begin{aligned} \vec{P} &= (\chi_{ik}' + i \chi_{ik}'') \vec{E}_0 (\cos \omega t + i \sin \omega t) = \\ &= \vec{E}_0 \left( \chi_{ik}' \cos \omega t + i \chi_{ik}' \sin \omega t + i \chi_{ik}'' \cos \omega t - \chi_{ik}'' \sin \omega t \right) = \\ &= \vec{E}_0 \left( \chi_{ik}' \cos \omega t - \chi_{ik}'' \sin \omega t \right) + i \vec{E}_0 \left( \chi_{ik}'' \sin \omega t + \chi_{ik}' \cos \omega t \right) \end{aligned}$$

При этом  $\vec{J}_{21} \parallel \vec{E}_0$ ; Re и Im можно выразить как:

$$\vec{P} = \chi \vec{E}_0 (\cos \omega t + i \sin \omega t) = (*)$$

$$\Rightarrow \chi'_{21} = \frac{J_{21}^2 N_0}{h} \cdot \frac{(\omega_{21} - \omega)^2}{(\omega - \omega_{21})^2 + \frac{1}{T_2^2} + \left(\frac{J_{21} E_0}{h}\right)^2 \frac{T_1}{T_2}} \sin(\omega t)$$

$$\chi''_{21} = \frac{J_{21}^2 N_0}{h T_2} \cdot \frac{1}{(\omega - \omega_{21})^2 + \frac{1}{T_2^2} + \left(\frac{J_{21} E_0}{h}\right)^2 \frac{T_1}{T_2}}$$

Угол нелинейного сдвига можно выразить в зависимости от:

$$M = \frac{\sqrt{h}}{\sqrt{T}} = \frac{J_{21}^2 E_0^2 \omega N_0}{d h T_2} \cdot \frac{1}{(\omega - \omega_{21})^2 + \frac{1}{T_2^2} + \left(\frac{J_{21} E_0}{h}\right)^2 \frac{T_1}{T_2}}$$

$$M = \frac{1}{2} E_0^2 \omega \chi''$$

25. Наиболее распространено при динамическом моделировании  $E$  не является  
 $\omega$  более постоянной  $\omega_{21}$ .

Если следуя  $E = \delta + 4\pi \chi(\omega)$   $\Rightarrow \chi$ -const.  $\Rightarrow \delta$ -const.

$$E = \delta + \frac{4\pi}{h} \cdot \frac{J_{21} N_0}{1} \left( \frac{(\omega_{21} - \omega) + i \frac{1}{T_2}}{(\omega - \omega_{21})^2 + \frac{1}{T_2^2} + \left(\frac{J_{21} E_0}{h}\right)^2 \frac{T_1}{T_2}} \right)$$

Помимо этого рассмотрим:  $\omega_{21} - \omega \approx \delta\omega$

21. При двухуровневом параспиновом со спектром  $\frac{1}{2}$  между пароспиновыми переходами переходы и док-тс, что это ведет к вынужденной при № 11 №.

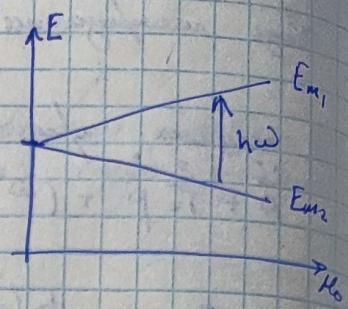
Методика по ЭПР:

класс. модель вынужденного спектра

$$\vec{\mu} = -\gamma \vec{S} = -g \beta_B \vec{S}/\hbar$$

$$\beta_B = \alpha_{me} e / M_0$$

- магнитом Бора.



Поглощательное зеемановское распределение энергии:

$$E = (\vec{\mu} \cdot \vec{H}_0) \Rightarrow E_m = g \beta_B H_0 \cdot m = \pm \frac{1}{2} g \beta_B H_0 \text{ (для } \pm \text{)}$$

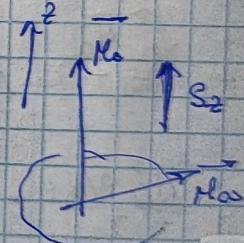
При введение параспинового спектра между зеемановскими уровнями параспиновский состоятельный переход, конф. приводит спектру.

Вероятность таких переходов:

$$W_{mm'} = \frac{2\pi}{\hbar} |\langle m | \hat{V} | m' \rangle|^2 \delta(E_m - E_{m'} - \hbar\omega)$$

пар. спектр определяет величину энергии  $m$  и  $m'$

$$\hat{V} = -(\vec{\mu} \cdot \vec{N}_\infty) = g \beta_B (\vec{S} \cdot \vec{H}_0) / \hbar$$



Частота пароспин. перехода  $\rightarrow$  ЭПР саб. в сх. изображ.

$$\hbar\omega = g \beta_B H_0$$

Нестационарные зеемановские уровни  $N_m$  и  $N_{m'}$  оп-ся в т-ре:

$$\frac{dN_m}{dt} = (N_{m'} - N_m) W_{mm'} - \frac{N_m - N_m^0}{\tau_1}$$

$$\frac{dN_{m'}}{dt} = (N_m - N_{m'}) W_{mm'} - \frac{N_{m'} - N_{m'}^0}{\tau_1} \Rightarrow \frac{d(N_{m'})}{dt} = -2\Delta N_{mm'} W_{mm'} - \frac{\Delta N_{m'}^0 - N_{m'}^0}{\tau_1}$$

$$\Rightarrow \Delta N_{mm'} = \frac{\Delta N_{m'}^0}{1 + 2 W_{mm'} \tau_1}$$

Вероятность перехода параспиновского в вынужденном:

$$W_{mm'} = \left( \frac{N_{m'} H_1}{\hbar} \right)^2 \cdot \frac{2\tau_2}{1 + (\omega - \omega_0)^2 \tau_2^2}$$

$$\text{здесь } \omega_{mm'} = g \beta_B \langle m | \vec{S} \cdot \vec{H}_0 | m' \rangle / \hbar \omega$$

$$\text{Парадел-е: } \langle M | \hat{\vec{S}} \cdot \vec{M}_{\infty} | m' \rangle$$

справоре воневение  $\Rightarrow$   $m = \pm \frac{1}{2}$

$$X_{\frac{1}{2}, \frac{1}{2}} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad X_{\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Оператор } \hat{S}_z = \frac{\hbar}{2} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}; \quad \vec{M}_{\infty} = \vec{H}_1 \cdot \vec{z}_0$$



$\rightarrow$  процесс вспомогаш

$$(\pm, 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot (\pm) = (\pm, 0) \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} = 0 \rightarrow 0 \text{ бифасицест}$$

$$M_{\infty} = M_1 \cdot (c_0) \quad M_1(0, 1)$$

$$(-1)^0 \cdot 1 \cdot (0, 1) = (0, 1)$$

$$(-1)^1 \cdot (-1) \cdot (0, 1) = (0, 1)$$

22. Для двух звеньев баланса массы  $(\tau_1 = \tau_2 = \infty)$  под действием единичного момента  $E = E_0 \cos(\omega_0 t)$  получим

$$\begin{cases} \ddot{\vec{P}} + \frac{2}{\tau_2} \dot{\vec{P}} + (\omega^2 + \frac{1}{\tau_2^2}) \vec{P} = - \frac{\omega \omega_{12} \vec{f}_{12}}{t} (\vec{f}_{12}, \vec{E}) \Delta N \\ \Delta N = \frac{2}{t \omega} (\vec{P} + \frac{1}{\tau_2} \vec{P}) \vec{E} - \frac{1}{\tau_1} (\Delta N - \Delta N^{(0)}) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \ddot{\vec{P}} + \omega^2 \vec{P} = - \frac{\omega \omega_{12}}{t} (\vec{f}_{12}, \vec{E}_0) \Delta N \\ \Delta N = \frac{2}{t \omega} \vec{P} \vec{E}_0 \cos \omega t \end{cases} \quad A = \text{const}$$

(одинаковые  
значения  
переменных  
переменного  
=> постоянное  
 $\Delta N \approx \Delta N_0$ )

$$\vec{P} = z e^{i\omega t} + z^* e^{-i\omega t}$$

$$\dot{\vec{P}} = z(i\omega) e^{i\omega t} + z^*(-i\omega) e^{-i\omega t} \Rightarrow (z e^{i\omega t} + z^* e^{-i\omega t}) = 0$$

$$\dot{\vec{P}} = i\omega(z e^{i\omega t} - z^* e^{-i\omega t}) - \omega^2(z e^{i\omega t} + z^* e^{-i\omega t})$$

$$\Rightarrow i\omega(z e^{i\omega t} - z^* e^{-i\omega t}) - \omega^2(z e^{i\omega t} + z^* e^{-i\omega t}) + \omega^2(z e^{i\omega t} + z^* e^{-i\omega t}) = A \cos \omega t$$

$$i\omega z e^{i\omega t} = \frac{A}{2} (e^{i\omega t} - e^{-i\omega t})$$

$$\Rightarrow z = \frac{A}{2i\omega} \Rightarrow z = \frac{At}{2i\omega} \quad \text{- нач. фаза симметрии}$$

$$\Rightarrow \vec{P} = -\frac{\Delta N_0 \vec{f}_{12} (\vec{f}_{12}, \vec{E}_0)}{t} t \sin \omega t.$$

23. На двух звеньях баланса массы  $\vec{E}(t) = E_0 \cos(\omega t)$  под действием момента  $E(t) = E_0 \cos(\omega t)$  получим равновесия в точках зеркальной симметрии. В первом звене

координаты?

Симметричное изображение от зеркала не отличается.

С точки зрения зеркальной симметрии:

одинаковы = одинаковы

$$M_{11} = h \omega \cdot A_{11} \cdot N_1$$

где  $A_{11}$  - момент инерции.

$$B_{12} = \frac{h^2}{t^2} |M_{12}|^2$$

$$\hat{V} = -(\vec{f}_{12}, \vec{E}) ; V_{12} = M_{12} e^{-i\omega t} + M_{21} e^{i\omega t}$$

из соотн. равновесия балансировок

$$N_2 = \frac{A_{11} B_{12}}{A_{11} + 2B_{12} B_{12}} N_0 = N_2(E)$$

здесь и дальше?

здесь есть ошибка?

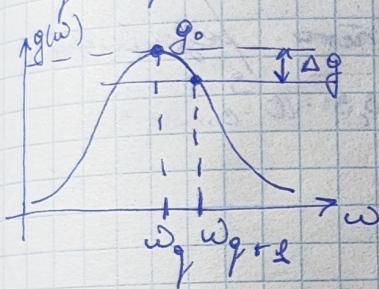
19. Для сферических проводящих шаров  
 $L = \frac{g_0}{\omega}$  ;  $\omega_0 = \frac{\Delta C}{N_{up} L} \cdot g$   
 $\Delta \omega = 2 \cdot 90 \text{ rad/s}$ , следовательно  
 $\omega_0 - \omega$  уменьшается

результатом Редба - Рено динамика  
 сферы с зарядом уменьшается  
 движение становится медленнее

$$L = \frac{g_0}{\omega} ; \quad \omega_0 = \frac{\Delta C}{N_{up} L} \cdot g$$

$$\omega_{q+1} - \omega_q = \frac{\Delta C}{N_{up} L}$$

$$\omega_{q+1} - \omega_q = \frac{\Delta C}{2 N_{up} L} \approx 1,5 \cdot 10^8 \text{ Гц} \approx 10^9 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$



Сравнительно  
 $\omega \rightarrow \infty$  → шарик  
 начинает вращаться с уменьшением

Для сферических проводящих шаров:

$$g(\omega) = \frac{g_0}{(\omega - \omega_0)^2 + \frac{\Delta \omega^2}{4}} \left( 1 + \frac{1}{I_{max}} \right)^{-1}$$

$$\text{где } \Delta \omega = \Delta \omega_{q+1}.$$

$$g(\omega) = \frac{g_0}{(\omega - \omega_0)^2 + \frac{\Delta \omega^2}{4}} \cdot \left( 1 + \frac{1}{I_{max}} \right)^{-1}$$

$$\frac{g(\omega_q)}{g(\omega_{q+1})} = \frac{(\omega_{q+1} - \omega_0)^2 + \frac{\Delta \omega^2}{4}}{(\omega_q - \omega_0)^2 + \frac{\Delta \omega^2}{4}} = \left\{ \text{так как } \omega_q = \omega_0, \text{ а } \omega_{q+1} = \omega_0 + \frac{\Delta C}{L} \right\}$$

$$= \frac{\left( \frac{\Delta C}{N_{up} L} \right)^2 + \frac{\Delta \omega^2}{4}}{\frac{\Delta \omega^2}{4}} = 1 + \frac{4 \Delta \omega^2 C^2}{N_{up}^2 L^2 \Delta \omega^2}$$

### 30. Сил. лягушка по физике

31. Рассчитать добротность  $Q_p$  и  $\omega_{sp}$  в АФН. (Вариант 7-1)

$$\begin{aligned} L &= 5 \text{ м} \\ R_1 &= R_2 = 0,95 \\ \gamma &= 0,8 \text{ мес}^{-1} \\ \lambda &= 0,01 \text{ мес}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q &=? \\ \omega_{sp} &=? \end{aligned}$$

$\alpha_{\text{групп}} = 0$  ~ неисп.

$$Z_{sp} = \frac{1}{\alpha_{\Sigma} C} = \frac{1}{(\alpha_0 + \frac{1}{dL} \ln \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}) C} \approx 3,2 \cdot 10^{-9} \Omega$$

$$C \leftrightarrow \frac{C}{n}$$

Причина  $n \neq 1$ .  $\rightarrow$

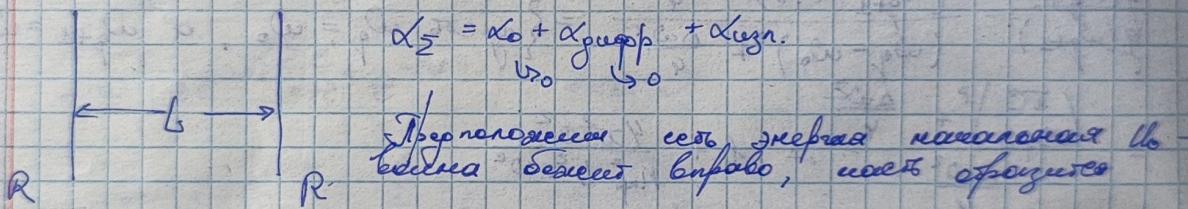
но при этом схема с  
специ.

Время отклика физике

$$\omega_{sp} \sim \frac{L}{C} \sim 3,3 \cdot 10^{-9} \text{ с.}$$

$$Q = \omega_{sp} = \frac{\omega_{sp} C}{\lambda} \cdot Z_{sp} \approx 10^7$$

32. Рак-и, что для схемы имеет собственного ампл. физике, с необходимым зеркальным же засечением от частоты. Оцените ( $B$  мес $^{-1}$ ) избыточную частоту изображения изображения и изображения рака физике при  $R = 0,99$  и  $L = 1 \text{ м}$ .



$$Q = \frac{\omega_{sp} U_2}{| \frac{dU_2}{dt} |} = \frac{\omega_{sp} U_2}{| \frac{dU_2}{dt} |} \approx \frac{\omega_{sp} U_2}{| \frac{\Delta U}{\Delta t} |} \quad \Delta U = (1-R) U_0$$

Время отклика

$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{C(1-R) U_0}{L} \Rightarrow Q = \frac{\omega_{sp} U_0 L}{C(1-R) U_0} \approx \frac{\omega L}{C(1-R)} \approx \frac{\omega}{\Delta \omega_p}$$

Изображение:

$$\Delta \omega_p = \frac{C(1-R)}{L} \rightarrow \text{не засечется от частоты}$$

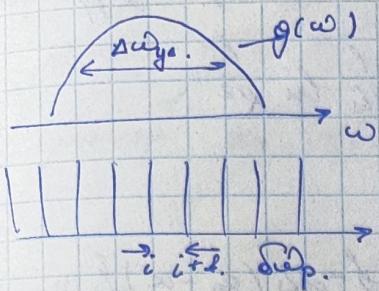
Но!  $Q = \frac{\omega L \sqrt{R}}{C(1-R)}$  — гор-ко форме. изображения. зеркало.

При  $R_1, R_2 \rightarrow R \approx \sqrt{R_1 R_2}$

$$Q = \frac{\omega L \sqrt{R}}{1-R} = \frac{\omega \sqrt{R}}{(1-R)} \cdot \frac{L}{\lambda}$$

$$\omega_{\text{изр}} - \omega_p = \frac{\Delta \omega}{L}$$

33. При гелий-кислородном лазере ( $\lambda = 632,8 \text{ нм}$ ) переносимые  
через прозрачных мор, находящихся в конф. синхр. лазеру чужие



$$\delta D_p = \frac{\sigma c}{L} \approx 10^9 \frac{pap}{c}$$

$$+ \Delta\gamma = \gamma_2 - \gamma_1 = \frac{c}{\lambda_2} - \frac{c}{\lambda_1} = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda^2}$$

$$\Delta \omega_{\text{поп.}} = \sqrt{\frac{2 \ln 2}{C}} \cdot \frac{\omega}{m} \quad \text{если } \omega \text{ известно}.$$

$$\Delta \omega_{\text{penn.}} = \sqrt{2 \ln 2} \frac{\omega}{c} \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ext}}}{m}}$$

Call. 3109. 13

34. Оценить величину бензинового загрязнения насыщенных зон в зоне  
воздуха над рельсами

$$\Delta w_{\text{рж}} = \frac{\Delta w_{\text{рж}}}{\Delta w_{\text{рж}}} + \frac{\Delta w_{\text{рж}}}{\Delta w_{\text{рж}}} \rightarrow \Delta w_{\text{рж}} \approx \frac{c(4-R)}{L\sqrt{R}}$$

$$\Delta w_{\text{рж}} \approx \frac{l}{\Delta w_{\text{рж}}} + \frac{f}{\Delta w_{\text{рж}}} \rightarrow \text{из оцен. тех. расчет.} \rightarrow \text{правд.}$$

## Рабочее существо:

Competent No

Dwyer corner, ref.

*Myrsinaceae* *coriaceifolia*

Всесоюзный  
конгресс рабочих

Рубин Cr<sup>3+</sup>  
6:10:9

1,6 · 10  
0,69

0,0 - ~~reduced~~  
0,55 ~~444~~

955 new

-5

3.70

0, 2

$N\Delta^{3+}$   
 $10^{-21}$

10

~~2.00 each~~

do we.

84-10

2,400 e  
21

01

35. Определяется коэф-т проникания зерна резиновой ленты, неизменяющийся максимумом. Свободного залегания

$$L = 10 \text{ см} ; g_0 = 0,5 \text{ см}^{-1} ; \alpha = 0,01 \text{ см}^{-1} ; \chi_{\text{непр.}} = 0$$

$$g_0 = \alpha_{\text{нор}} + \chi_{\text{непр.}} = \alpha + \frac{l}{2L} \ln \frac{R_1 R_2}{l} = \alpha + \frac{l}{2L} \ln \frac{l}{R^2}$$

$$g_0 - \alpha = \frac{l}{2L} \ln \frac{l}{R^2}$$

$$\frac{l}{R^2} = \exp \left\{ -2L(g_0 - \alpha) \right\} \rightarrow R^2 = \exp \left\{ -2L(g_0 - \alpha) \right\}$$

$$R = \exp \left\{ -L(g_0 - \alpha) \right\}$$

## Пороговое значение

36. Гидравлический напор равен нулю при переходе из гидравлического режима в гидравлический режим сопротивления. Падение напора на участке  $\Delta z = 200 \text{ м} \cdot \text{м}^2$ . Время сопротивления  $A_{\text{нор}} = 10^{-2} \text{ см}^{-2}$ . Найдите пороговое значение коэффициента износостойкости.

$$\Delta z = 200 \text{ м} \cdot \text{м}^2$$

$$A_{\text{нор}} = 10^{-2} \text{ см}^{-2}$$

$$\lambda = 2 \text{ см}^{-1}$$

$$L = 2 \text{ м}$$

$$\eta = 0,02 \text{ норм.}$$

$$\Delta N_{\text{непр.}} - ?$$

$$g_{\text{непр.}} = \alpha_{\Sigma} = \sqrt{\eta g_0 \Delta N_{\text{непр.}}}$$

Решение из условия:

$$\frac{3\pi^2 A_{\text{нор}} F(\omega)}{\omega^2} e^{j\omega \Delta N_{\text{непр.}}} = \frac{\omega}{Q} = \frac{1}{2\eta} = \underbrace{\alpha_{\Sigma} c}_{\text{см}}$$

По условию гидравлическое сопротивление:

$$F(\omega) = \frac{\omega}{\pi \Delta Q} = \frac{2}{2\pi^2 A \Delta z} = \frac{\omega}{\pi^2 \Delta z}$$

$$\omega^2 = \frac{4\pi^2 c^2}{\lambda^2}, k = \frac{\omega}{c} = \frac{2\pi}{\lambda}$$

По формуле

$$\alpha_{\Sigma} = k$$

$$\frac{3\pi^2 A_{\text{нор}} F(\omega) c^2}{\omega^2} \Delta N_{\text{непр.}} = \frac{\eta}{4}$$

$$\Delta N_{\text{непр.}} = \frac{\eta}{4} \cdot \frac{\omega^2 \Delta z}{3 A_{\text{нор}} c^2} = \frac{\eta}{4} \frac{4\pi^2}{\lambda^2} \cdot \frac{\Delta z}{3 A_{\text{нор}}} \sim 10^6 \frac{1}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}$$

37. Определить пороговую концентрацию ионов  $\text{Ca}^{3+}$  в радиоактивной ОНК.

для радиоактивного изотопа  $L \approx 50 \text{ см}$ , при  $T_{\text{изн}} = 2 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$   
 $R_1 = 1 ; R_2 = 0,3$

$$\text{приним. } \alpha_0, \alpha_{\text{погр.}}, g = \alpha_{\text{изн}} = T_{\text{изн}} \Delta N_{\text{нор.}} = \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{R_1 R_2}$$

38.

$$\lambda = 510 \text{ нм}$$

$$A_{\text{изн}} = 5 \cdot 10^7 \text{ с}^{-1}$$

$$\Delta \tau_{\text{доп}} = 20 \text{ мкг.}$$

$$L = 20 \text{ см.}$$

$$\Pi = 0,05 - \text{норма}$$

$$\Delta N_{\text{нор.}} - ?$$

$$g_{\text{нор.}} = \alpha_{\Sigma} = T_{\text{изн}} \Delta N_{\text{нор.}}$$

Рассчитать из лекции:

$$\frac{3\pi^2 A_{\text{изн}} F(\omega)}{\omega^2 C^3} \Delta N_{\text{нор.}} = \frac{\omega}{Q} = \frac{1}{2\tau} = \alpha_{\Sigma} C. \rightarrow \text{так как для радиоактивного изотопа.}$$

$$F(\omega) = \frac{2}{\Delta \omega} = \frac{\omega}{2\pi^2 \Delta \tau} = \frac{1}{2\pi^2 \Delta \tau} \quad \alpha_{\Sigma} = \frac{1}{2\tau}$$

$$\frac{3\pi^2 A_{\text{изн}} \cdot 1}{\omega^2 \pi^2 \Delta \tau} \cdot C^3 \Delta N_{\text{нор.}} = \frac{\Pi C}{2L}$$

$$\Delta N_{\text{нор.}} = \frac{\Pi \omega^2 \pi^2 \Delta \tau}{2L C^2 \cdot 3\pi^2 A_{\text{изн}}} = \frac{\Pi \cdot 4\pi^2 C^2 \Delta \tau}{6L C^2 \cdot \lambda^2 A_{\text{изн}}}.$$

39. Лазерная сфера имеет радиоактивные ядерные с шифром  $\Delta \tau = 2\Gamma_y$ .  
 Диодорная ширина  $\Delta \tau_{\text{доп}} = 50 \text{ мкг.}$ , вер. перехода  $A_{\text{изн}} = 10^8 \text{ с}^{-1}$ . Проск. ядовитой смеси из ядер ( $L = 30 \text{ см}$ ) вспыхивает с частотой  $\omega_{\text{вспл.}}$  при которых ядерные с шифром  $\Delta \tau = 2\Gamma_y$ . Капюшон лазерной ширины для зондирования ядер "при ядовитой смеси" генерирует пачки из 200000 ядерных ядер в фазе. Составлено 10%.

Всплеск радиоактивного излучения:

$$g(\omega) = g_0 \exp \left\{ \frac{(\omega - \omega_{\text{вспл.}})^2}{\Delta \omega_{\text{вспл.}}^2} \right\} \left[ 1 + \sum \frac{I(\omega_q)}{I_{\text{ макс}} ((\omega - \omega_q)^2 \Gamma_q^2 + 1)} \right]^{-1}$$

$$\Delta \tau = 2\Gamma_y; \Delta \tau_{\text{доп}} = 50 \text{ мкг.}; A_{\text{изн}} = 10^8 \text{ с}^{-1}; L = 30 \text{ см}; \Pi = 0,1.$$

Частота всплеска, пуск  $\lambda = 1 \text{ мкм}$ : Пока  $g(\omega) = \alpha_{\Sigma} \rightarrow$  можно принять  $\omega_{\text{вспл.}} = \omega_{\text{доп}}$  для расчета.

$$g(\omega) = g_0 \exp \left\{ \frac{(\omega - \omega_{\text{вспл.}})^2}{\Delta \omega_{\text{вспл.}}^2} \right\} \quad \text{или } 38 \text{ см } 36$$

$$\Rightarrow g(\omega) = T_{\text{изн}} \Delta N_{\text{нор.}}^{(0)} = \frac{\Pi}{L} \Rightarrow \Delta N_{\text{нор.}}^{(0)} = \frac{4\pi^2 \Delta \tau \Pi}{3L \lambda^2 A_{\text{изн}}} \quad \text{здесь } \Delta \tau = \Delta \tau_{\text{вспл.}}$$

Рассчитанное значение ширины:

$$\Delta \omega = \frac{\Delta C}{L} \Rightarrow \Delta \tau = \frac{C}{\Delta L} = \frac{3 \cdot 10^8}{\Delta \cdot 3 \cdot 10^{-4}} = 0,5 \cdot 10^9 \Gamma_y = 500 \text{ мкг.}$$

$\Delta \tau \gg \Delta \tau_{\text{доп}} = 50 \text{ мкг.} \Rightarrow$  всплеск ядер "не захватил" ядовитых  $\Rightarrow$  это не является опасно.

$$\begin{aligned}
 g(\omega_{\text{Ba}} + \delta\omega) &= g_0 \exp \left\{ -\frac{((\omega_{\text{Ba}} + \delta\omega) - \omega_{\text{Ba}})^2}{\Delta\omega_{\text{neg}}^2} \right\} = \\
 &= g_0 \exp \left\{ -\left( \frac{\delta\omega}{\Delta\omega_{\text{neg}}} \right)^2 \right\} = g_0 \exp \left\{ -\left( \frac{\delta\omega}{\Delta\omega} \right)^2 \right\} = \\
 &= \left\{ \frac{\delta\omega}{\Delta\omega} = \frac{500 \text{ MHz}}{2\pi f} = \frac{0.5}{2} = \frac{1}{4} \right\} = g_0 \exp \left\{ -\frac{1}{16} \right\} \\
 \Rightarrow \Delta N_{\text{nop}}^{\frac{1}{2}} &= \Delta N_{\text{nop}}^0 e^{\frac{1}{16}} \approx 1.064 \Delta N_{\text{nop}}^0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta N_{\text{nop}}^0 &= \frac{4\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 0.1}{3 \cdot 0.3 \cdot 10^{-12} \cdot 10^8} \text{ a.u.}^{-3} = 8,77 \cdot 10^{13} \text{ a.u.}^{-3} = \\
 &= 8,77 \cdot 10^7 \text{ e.u.}^{-3} \\
 \Delta N_{\text{nop}}^{\frac{1}{2}} &= 9,33 \cdot 10^7 \text{ e.u.}^{-3}
 \end{aligned}$$

40. Док-зр, что в этом решении комплексной конфигурации падает наст. ровно половина длины

43. Считая, что зеркало в РФП тихими ( $R_1 = \infty$ ), а другие параметры одинаковы ( $R_2 = R$ ), найдите зависимость  $\alpha_{\text{нест}}$  от  $R$ . Если не ошибся  $R$ ?

В книге Каплова не написано!

$$\alpha_{\text{нест}} = \frac{V_0 N_{\text{нест}} Z_{\text{д}}}{Z_c} \frac{\ln \omega}{Z_{\text{д}} \left( \frac{V}{N_{\text{нест}}} - 1 \right)} \cdot \underbrace{\frac{\ln R_2}{\ln R_1 + \ln R_2}}_{=0}$$

\* Для  $\omega \rightarrow 0$  в нейтральном.

Здесь зависимость нейтральной  $P_0$  можно определить с помощью уравнения  $P_0$  через метод зеркала:

$$P_{\text{нест}} = \alpha_0 + \underbrace{\frac{\partial L}{\partial \alpha_p} \ln \frac{R_1 R_2}{R}}_{\text{дальн}}$$

$$P_1 = \frac{1}{2\alpha_p L} \ln \frac{1}{R_1}, \quad P_2 = \frac{1}{2\alpha_p L} \ln \frac{1}{R_2}$$

$$P_1 + P_2 = M \xrightarrow{\text{суммируем}} = \frac{1}{2\alpha_p L} \ln \left( \frac{1}{R_1 R_2} \right) \rightarrow R_1 = 1 \text{ - начальное зеркало}$$

$$\Rightarrow M = \frac{1}{2\alpha_p L} \ln \left( \frac{1}{R} \right)$$

Тогда, для зеркал нейтральны:  $\alpha_p = \alpha_0 + \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{R}$

$$M = \frac{1}{2L} \left[ \frac{\ln \frac{1}{R}}{\alpha_0 + \frac{1}{2L} \ln \frac{1}{R}} \right] = f(R) = \beta \left[ \frac{-\ln R}{\alpha_0 - \beta \ln R} \right] =$$

$$= \beta \cdot \frac{\ln R}{\beta \ln R - \alpha_0} = \frac{\ln R}{\beta (\ln R - \alpha_0)} = \frac{\ln R}{\ln R - \frac{\alpha_0}{\beta}} = \frac{\ln R}{\ln R - C_0} \rightarrow \text{не является.}$$

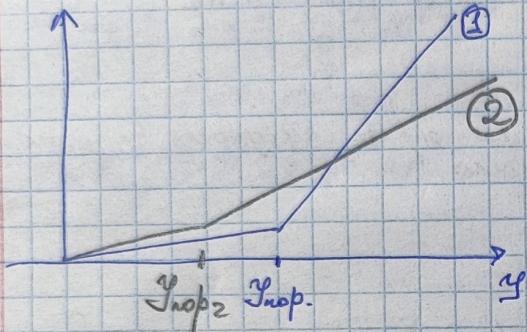
$$\text{так} - \frac{1}{\ln R - C_0}$$

Часть 2

43. Резонансный излучение при излучении из газового зеркала сферической формы. Радиусы зеркал равны  $R_1 = R_2 = 0,37$ . Ось  $z$  параллельно оси  $z'$ . Уровень излучения при излучении из газового зеркала  $\alpha_2 = \alpha_{\text{изд}} + \frac{l}{2L} \ln \frac{l}{R_1 R_2}$ , где  $\alpha_{\text{изд}} = 5 \text{ см}^{-1}$ . Чем превышение излучения из газового зеркала  $\Delta_{\text{изд}}$  при излучении из газового зеркала  $R_1 = 0,98$  и  $R_2 = l$  отличается от излучения из газового зеркала  $R_1 = R_2 = 0,37$ ?

$$\alpha_2 = \alpha_{\text{изд}} + \frac{l}{2L} \ln \frac{l}{R_1 R_2} \rightarrow \text{излучение из газового зеркала}$$

Как изменяется общее излучение из газового зеркала?



1)  $g = \alpha_2 \rightarrow$  излучение из газового зеркала  $\rightarrow$  излучение из газового зеркала

2) Чем отличается излучение из газового зеркала  $R_1 = 0,98$  от излучения из газового зеркала  $R_1 = 0,37$ ?

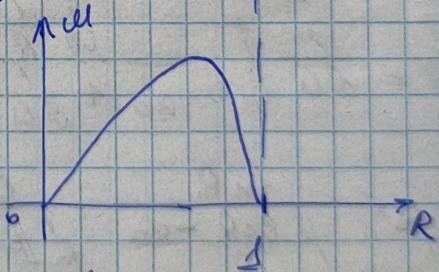
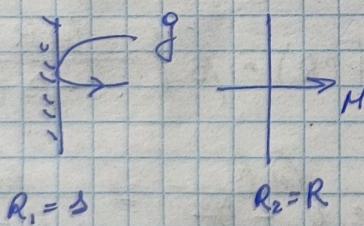
$$\Delta_{\text{изд}} = \frac{\alpha_{\text{изд}}}{\alpha_2 + \alpha_{\text{изд}}}$$

$$\alpha_{\text{изд}} = \frac{l}{2L} \ln \frac{l}{R_1 R_2}$$

при  $R_1 = R_2 = 0,37 \rightarrow \Delta_{\text{изд}} \text{ больше}$

$$R_1 = R_2 \approx 1 \quad \Delta_{\text{изд}} \downarrow$$

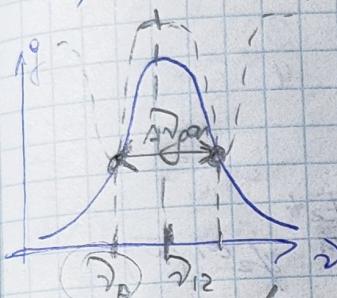
44. Наибольшее и наименьшее значение излучения из газового зеркала сферической формы зависящего от величины соотношения радиусов зеркал



при  $R_1 = 0$  излучение из газового зеркала кардинально отличается от излучения из газового зеркала сферической формы, так как излучение не зависит от величины соотношения радиусов зеркал.

При  $R_1 = R$  излучение из газового зеркала не зависит от величины соотношения радиусов зеркал.

Частью / моря насыщенного несогласованного Рюрик-Перо  
 резонанса ( $L = 15$  см) убывает с  $\Delta \gamma_{\text{down}}$  от  
 $\gamma_{\text{up}}$  гауссова пика усиливается гауссома пиком  
 с  $\lambda = 6,33$  см. Основное звуковосприятие моря есть  
 морское резонанса резонанса  $\Delta \gamma_p = 20$  мгц  
 $\Delta \gamma_{\text{down}} = 11,4$ .



$$\Delta \omega_q = \frac{\Delta c}{L} \quad \text{частота между максимумами}$$

$$2\pi \Delta \gamma_q = \frac{\Delta c}{L} \Rightarrow \Delta \gamma_q = \frac{c}{2L} \approx 10^9 \text{ Гц.}$$

$$\frac{\Delta \gamma_{\text{down}}}{\Delta \gamma_q} = \frac{10^9}{10^9} = 1 \Rightarrow \Delta \gamma_{\text{down}} \Rightarrow$$

2 звука генерируются.

искусств. звуки откроются

запись звукоподобия

$$\omega_{\text{ren}} = \frac{\omega_{12}}{\Delta \omega_{12}} + \frac{\omega_p}{\Delta \omega_p} \Rightarrow \gamma_{\text{ren}} = \frac{\frac{\gamma_{12}}{\Delta \gamma_{12}} + \frac{\gamma_p}{\Delta \gamma_p}}{\frac{1}{\Delta \gamma_{12}} + \frac{1}{\Delta \gamma_p}} \approx 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

$$\gamma_{12} = \frac{c}{\lambda} \approx 4,74 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

6. На двух уровнях есть сингулярные переходы. В верхнем состоянии происходит переход из одного уровня в другой в течение времени  $\tau$ . Время жизни состояния  $t_1$  и время жизни состояния  $t_2$  не зависят от времени  $t$ . Красная линия обозначает верхнее состояние, а синяя - нижнее. После каждого перехода вновь происходит переход в эти же состояния.

$$\vec{J}(t) = e^{\int \vec{\psi}^*(\vec{r}, t) \vec{r} \cdot \vec{\psi}(\vec{r}, t) d\vec{r}} \quad \frac{3}{4}.$$

$$E = 0 \text{ при } N^2: \quad \omega = \frac{|F_2|}{\hbar}$$

$$\vec{\psi}(\vec{r}, t) = \cos \omega t \cdot e^{-\frac{i E_1 t}{\hbar}} \cdot \vec{\psi}_1^{(0)}(\vec{r}) - i \sin \omega t e^{-\frac{i E_2 t}{\hbar}} \vec{\psi}_2^{(0)}(\vec{r})$$

$$\Rightarrow \vec{\psi}^* \vec{\psi} = \left[ \cos \omega t e^{-\frac{i E_1 t}{\hbar}} \cdot \vec{\psi}_1^{(0)}(\vec{r}) - i \sin \omega t e^{-\frac{i E_2 t}{\hbar}} \vec{\psi}_2^{(0)}(\vec{r}) \right] \cdot \\ \cdot \left[ \cos \omega t e^{\frac{i E_1 t}{\hbar}} \vec{\psi}_1^{*(0)}(\vec{r}) + i \sin \omega t e^{\frac{i E_2 t}{\hbar}} \vec{\psi}_2^{*(0)}(\vec{r}) \right] =$$

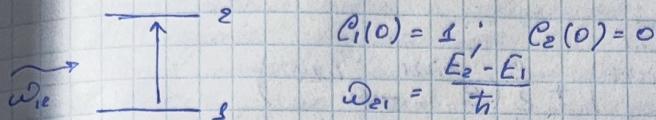
$$= \cos^2 \omega t |\vec{\psi}_1^{(0)}(\vec{r})|^2 + \sin^2 \omega t |\vec{\psi}_2^{(0)}(\vec{r})|^2 - \\ - i \sin \omega t \cos \omega t e^{-\frac{i \omega_2 t}{\hbar}} \vec{\psi}_2^{*(0)} \vec{\psi}_1^{(0)} + i \cos \omega t \sin \omega t e^{\frac{i \omega_2 t}{\hbar}} \vec{\psi}_1^{(0)} \vec{\psi}_2^{*(0)}$$

$$\vec{J}(t) = \vec{J}_{21}^{(0)} \left[ i \cos \omega t \sin \omega t e^{\frac{i \omega_2 t}{\hbar}} - i \sin \omega t \cos \omega t e^{-\frac{i \omega_2 t}{\hbar}} \right] =$$

$$= \underbrace{\frac{1}{2} \sin(2\omega t)}_{\vec{J}_{12}^{(0)}} \cdot 2i \sin \omega_2 t = -\sin(\omega_2 t) \sin(\omega_2 t) \vec{J}_{21}^{(0)} = \\ = \vec{J}_{12}^{(0)} \sin(\omega_2 t) \sin(\omega_2 t)$$

$$\tau = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow t = \frac{3}{4} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{3\pi}{2\omega} \Rightarrow \underline{\vec{J} = 0}$$

5. В двухуровневой системе с начальным переходом  $\omega_1$  из состояния  $E = E_0 \cos \omega t$ , где  $\omega < \omega_1$ . В момент времени  $t=0$  в системе имеется некоторое значение уровня  $E_1$ . Начало времени  $t=0$  соответствует времени  $t > 0$  в отрицательное время  $t$  перехода из состояния  $E_0$  в состояние  $E_1$ .



$$C_1(0) = 1; C_2(0) = 0$$

$$\omega_{21} = \frac{E_2 - E_1}{\hbar}$$

Из б. ядер. вспомогательной:  $i\hbar \dot{C}_m = \sum V_{mn} C_n e^{i\omega n t}$

$$C_m = \sum_n C_n e^{-i\frac{\omega_m}{\hbar}t}; V_{mn} = F_{mn} e^{-i\omega t} + F_{nm}^* e^{i\omega t}$$

$$i\hbar \dot{V}_m = \sum_n V_{mn} \dot{C}_n(t)$$

$$\left. \begin{array}{l} i\hbar \dot{C}_2 = [F_{21} e^{i(\omega_{21}-\omega)t} + F_{12}^* e^{i(\omega_{21}+\omega)t}] \dot{C}_1 \\ i\hbar \dot{C}_1 = [F_{12} e^{-i(\omega_{21}-\omega)t} + F_{21}^* e^{i(\omega_{21}+\omega)t}] \dot{C}_2 \end{array} \right\} \text{неравн.}$$

$$V_{mn}(t) = V_{mn} e^{i\omega n t}$$

$$\omega_2 - \omega_1 - \omega \approx -\varepsilon; \quad \omega_1 - \omega_2 + \omega \approx \varepsilon$$

$$\left. \begin{array}{l} i\hbar \dot{C}_2 = F_{21} e^{-i\varepsilon t} \dot{C}_1 \\ i\hbar \dot{C}_1 = F_{21}^* e^{i\varepsilon t} \dot{C}_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \dot{C}_2 = b_2 e^{-i\frac{\varepsilon}{2}t} \\ \dot{C}_1 = b_1 e^{i\frac{\varepsilon}{2}t} \end{array}$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} i\hbar [\dot{b}_2 - i\frac{\varepsilon}{2} b_2] = F_{21} b_1 \\ i\hbar [\dot{b}_1 + i\frac{\varepsilon}{2} b_1] = F_{21}^* b_2 \end{array} \right\} \text{Решение б. вида: } \begin{pmatrix} b_2(t) \\ b_1(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_2 \\ b_1 \end{pmatrix} e^{-i\omega t}$$

$$\left. \begin{array}{l} i\hbar [-i\sqrt{\varepsilon} b_2 - i\frac{\varepsilon}{2} b_2] = F_{21} b_1 \\ i\hbar [-i\sqrt{\varepsilon} b_1 + i\frac{\varepsilon}{2} b_1] = F_{21}^* b_2 \end{array} \right\} \text{det} = 0 \quad \text{ненулев. решениe}$$

$$\hbar^2 \left[ \varepsilon b_2^2 - \frac{\varepsilon^2}{4} \right] - |F_{21}|^2 \Rightarrow \varepsilon^2 = \frac{\varepsilon^2}{4} + \frac{|F_{21}|^2}{\hbar^2} \Rightarrow \varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4} + \frac{|F_{21}|^2}{\hbar^2}}$$

$$\begin{pmatrix} b_2(t) \\ b_1(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_2 \\ b_1 \end{pmatrix} e^{-i\omega t} + \begin{pmatrix} b_2 \\ b_1 \end{pmatrix}_2 e^{i\omega t}$$

$$- \hbar \left[ -\sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4} + \frac{|F_{21}|^2}{\hbar^2}} - \frac{\varepsilon}{2} \right] b_2 = F_{21} b_1$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} b_2 \\ b_1 \end{pmatrix}_1 = \left( \frac{F_{21}}{\hbar (\varepsilon + \frac{\varepsilon}{2})} \right); \quad \begin{pmatrix} b_2 \\ b_1 \end{pmatrix}_2 = \left( \frac{F_{21}}{\hbar (-\varepsilon + \frac{\varepsilon}{2})} \right)$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} b_2(t) \\ b_1(t) \end{pmatrix} = \tilde{C}_1 \left( \frac{F_{21}}{\hbar (\varepsilon + \frac{\varepsilon}{2})} \right) e^{-i\omega t} + \tilde{C}_2 \left( \frac{F_{21}}{\hbar (-\varepsilon + \frac{\varepsilon}{2})} \right) e^{i\omega t}$$

$$t=0 \Rightarrow b_1 = 1; b_2 = 0 \Rightarrow \tilde{C}_2 = -\tilde{C}_1$$

$$\Rightarrow b_2(t) = \tilde{C}_1 F_{21} e^{-i\omega t} + \tilde{C}_2 F_{21} e^{i\omega t} = -2i \tilde{C}_1 \sin \omega t \cdot F_{21}$$

$$b_1(t) = \frac{\epsilon}{\hbar} C_1 \left[ (\omega + \frac{\epsilon}{2}) e^{-i\omega t} - (-\omega + \frac{\epsilon}{2}) e^{i\omega t} \right]$$

$$t=0 \Rightarrow C_1 \frac{\epsilon}{\hbar} \cdot 2\omega = 1 \Rightarrow C_1 = \frac{1}{2\hbar\omega} ; C_2 = -\frac{1}{2\hbar\omega}$$

$$\begin{cases} b_2 = \frac{\epsilon}{2\hbar\omega} (-2i \sin \omega t) F_{21} \\ b_1 = \frac{\epsilon}{2\hbar\omega} [\omega (e^{-i\omega t} + e^{i\omega t}) + \frac{\epsilon}{2} (e^{-i\omega t} - e^{i\omega t})] \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} b_2 = -\frac{i}{\hbar\omega} F_{21} \sin \omega t \\ b_1 = \cos \omega t - \frac{i\epsilon}{2\hbar\omega} \sin \omega t \end{cases} \quad \text{gezeichnet } B\Phi$$

$$\psi = \left[ \cos \omega t - i \frac{\epsilon}{2\hbar\omega} \sin \omega t \right] \psi_1^{(0)} e^{-i\frac{\epsilon}{2}\omega t} - \frac{iF_{21}}{\hbar\omega} \sin \omega t \cdot \psi_2^{(0)} e^{i\frac{\epsilon}{2}\omega t}$$

$$P_{1 \rightarrow 2}(t) = |b_2|^2 = \frac{|F_{21}|^2}{\hbar^2 \omega^2} \sin^2 \omega t$$

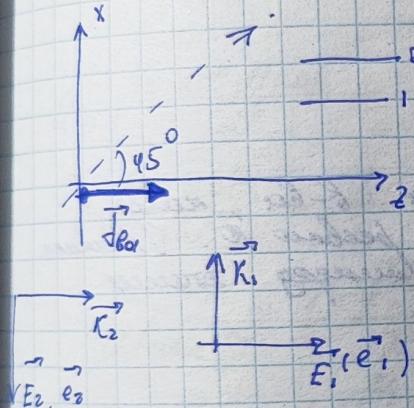
7.

8.

$\rightarrow E_{2,1}$

Доказано, что оператор вибрации  $V = -(J \cdot E)$  для реальных величин звукопоглощает и имеет действительную величину.  
см. № 4.(2)  $\rightarrow$  для этого вибратора

На двухпроводовом вибраторе имеется ток  $I_{6\alpha}$ , напр. по оси  $O_2$ , под действием резонансной силы ( $\omega = \omega_a$ )  $F_{1111}$ , состоящей из двух частей более. Эти частные волны складываются в общую. Изображено в виде вибрации, но распределена под углом  $90^\circ$  друг к другу (но одна по  $O_2$  и другая по  $O_1$ ). Так происходит вибрация вибратора, вибрационные силы вибрации? Видимо, что угла  $45^\circ$  между направлениями вибраций?



$$P_{\text{vibr.}}^{\text{норм.}} = \frac{n_2 \omega^3 (\vec{E}_2 \cdot \vec{J}_{6\alpha})^2}{2 \sigma h c^3} \cdot F(\omega) \cdot g_a = \underline{I}$$

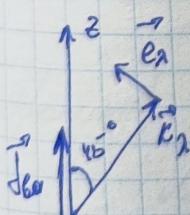
$$(\vec{E}_2, \vec{J}_{6\alpha}) = (\vec{E}_1 + \vec{E}_2, \vec{J}_{6\alpha}) = (\vec{E}_1, \vec{J}_{6\alpha}) + (\vec{E}_2, \vec{J}_{6\alpha}) = \\ = (\vec{E}_1, \vec{J}_{6\alpha}) = \pm |J_{6\alpha}|$$

$\Rightarrow$  Две норм. силы. одинаково.

$$n_2 \omega^3 |J_{6\alpha}|^2$$

$$P_{\text{вibr. норм.}} \approx P_{\text{вibr. угл.}} = \frac{n_2 \omega^3 |J_{6\alpha}|^2}{2 \sigma h c^3}$$

Сложное вибраторное излучение - не имеет направления.  $\Rightarrow$  под  $45^\circ$



$$(\vec{E}_2, \vec{J}_{6\alpha})^2 = |J_{6\alpha}|^2 \sin^2 \theta = \left\{ \theta = 45^\circ \right\} = \frac{|J_{6\alpha}|^2}{2}$$

$$\Rightarrow P_{\text{вibr.}}^{(45^\circ)} = \frac{n_2 \omega^3 |J_{6\alpha}|^2}{4 \sigma h c^3}$$

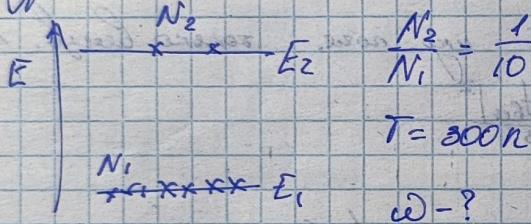
26. Оп-тк пасечников козор. устр. каждого симметричного сектора, если концентр. изотроп.  $N_0 = 10^9 \text{ см}^{-3}$ , вероятность перехода в нестабильное состояние  $A_{\text{en}} = 10^2 \text{ с}^{-1}$ . Рассмотрим систему дифференциальных, оп-тк симметрических изотропных

$$g = \vec{v}_{\text{усн}} \cdot \Delta N \Rightarrow \vec{v}_{\text{усн}} = \frac{4\pi^2}{h c} \omega_{21} F(\omega) J_{21}^2$$

$$A_{\text{en}} = \frac{4}{3} \cdot h c^3 J_{21}^2 ; \quad F(\omega) \approx \frac{2}{\pi \Delta \omega} = \frac{2}{\pi A_{\text{en}}}$$

$$\vec{v}_{\text{усн.}} = \frac{4}{3} \frac{\pi^2 \omega^5}{h c^3} J_{21}^2 \cdot F(\omega) \cdot \frac{3c^2}{\omega^2} = 2^2 A_{\text{en}} \cdot \frac{2}{\pi A_{\text{en}}} \cdot \frac{3c^2}{\omega^2} = \\ = \frac{6 \cdot \pi^2}{h} \approx \frac{3 \pi^2}{2}$$

27. Определение пасечниковских ярк. ур-ий при ф-ии пас. б-ка, когда б-ко. пас. ярк. пасечников при температуре  $300 \text{ K}$ , пас.  $10^4$ . Время перехода излучения, когда переход пасечников становиться



$$T = 300 \text{ K} ; \quad \kappa = 1,38 \cdot 10^{-23} ; \quad h = 6,62 \cdot 10^{-34}$$

Числ-е расп. баланса:

$$\frac{N_2}{N_1} = e^{-\frac{E_2 - E_1}{kT}} = e^{-\frac{h\omega}{kT}} = -\frac{h\omega}{kT} = \ln \frac{N_2}{N_1}$$

$$\Rightarrow \tau = \frac{k\omega}{h} \ln \left( \frac{N_1}{N_2} \right) \approx 1,44 \cdot 10^{13} \text{ fs.}$$

28. Рассмотрим инк. пасечник пасечников-последних ( $\kappa, n, g = 100\%$ ), когда созданный инверсия в гетероструктуре пас. с излучением асимметрических пас. потому  $n = 10^{19} \text{ см}^{-3}$ ,  $V_{\text{сп.}} = 10 \text{ см}^3$ . Частота пас. пасечников пас. оптич. пас.  $\omega = 6 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ . Среднее время жизни пас. на вероятности распада убьем  $t_{\text{ен}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ с}$ .

Но эти пасечники:

$$m_{\text{расп.}} = h\omega P_{1 \rightarrow 2} \cdot \Delta N = \frac{h\omega N_0 \cdot \beta_{12} \cdot \rho_{12}}{1 + \alpha \rho_{12} \beta_{12} \tau_{\text{ен}}} = m_{\text{расп.}}^{\min.}$$

$$\beta_{nm} = \frac{\pi^2 c^3 \tau_{\text{ен}}}{h \omega^3}$$

$$f_{nm}(\omega) = \frac{I_{mn}(\omega)}{c} F(\omega) \approx \frac{I_{mn}(\omega)}{c} \cdot \frac{2}{\pi A_{\text{ен}}} \approx \frac{m_{\text{расп.}}}{c V^{2/3}} \cdot \frac{2}{\pi A_{\text{ен}}}$$

$$W[\rho_s], I = \left[ \frac{\rho_s}{cm^2} \right] \rightarrow W = I \cdot S \approx I \cdot V^{\frac{2}{3}}$$

$$\frac{\hbar \omega N_0 \cdot \frac{\pi^2 c^3 A_{en}}{\hbar \omega^3} \cdot \frac{W_{max}}{c V^{2/3}} \cdot \frac{2}{\pi A_{en}}}{1 + 2 \frac{W_{max}}{c V^{2/3}} \cdot \frac{2}{\pi A_{en}} \cdot \frac{\pi^2 c^3 A_{en}}{\hbar \omega^3} \tau_{en}} = n = \frac{N_0}{V} \Rightarrow$$

$$= \frac{n \cdot V \cdot \frac{\pi^2 c^3 A_{en}}{\omega^2} \cdot \frac{W_{max}}{c V^{2/3}} \cdot \frac{2}{\pi A_{en}}}{1 + \frac{4 W_{max}}{c V^{2/3}} \cdot \frac{\pi c^3}{\hbar \omega^3} \tau_{en}} = \frac{n V^{1/3} \frac{\pi c^2 W_{max}}{\omega^2}}{1 + \frac{4 W_{max} \pi c^2}{V^{2/3} \hbar \omega^3} \tau_{en}} = W_{max}$$

$$2 n V^{1/3} \frac{\pi c^2 W_{max}}{\omega^2} = W_{max} + \frac{4 W_{max} \pi c^2 \tau_{en}}{\sqrt[3]{V + \hbar \omega^3}} / \frac{1}{\sqrt[3]{2 c W_{max}}}$$

$$n V^{1/3} \frac{\pi c^2}{\omega^2} - \frac{1}{2} = \frac{2 W_{max} \pi c^2 \tau_{en}}{\sqrt[3]{V + \hbar \omega^3}}$$

$$W_{max} \sim \frac{1}{2} \frac{V^{2/3} + \hbar \omega^3}{\pi c^2 \tau_{en}} \cdot n V^{1/3} \frac{\pi c^2}{\omega^2} - \frac{1}{2} \sim$$

$$= \frac{1}{2} \frac{V^{2/3} + \hbar \omega^3}{\pi c^2 \tau_{en}} \left[ n V^{1/3} \frac{\pi c^2}{4 \pi^2 \hbar^2} - \frac{1}{2} \right] =$$

$$= \frac{1}{2 \tau_{en}} \left[ n V \cdot \hbar \omega - \frac{V^{2/3} + \hbar \omega^3}{\pi c^2} \right] = \frac{1}{2 \tau_{en}} \underbrace{\left[ n V \cdot \frac{\hbar \cdot 2 \pi}{\pi c^2} \right]}_{\approx 40} - \frac{V^{2/3} + \hbar \omega^3}{\pi c^2} \approx 10^{-9}$$

$$\approx \frac{1}{2} n V \cdot \hbar \omega \cdot \frac{1}{\tau_{en}} \approx \frac{1}{2} n V \cdot \hbar \omega \cdot A_{en}$$

Поехали! Решение оговорено:

$$W_{max} = W_{en} = \hbar \omega_{21} A_{21} \cdot \left( \frac{N_0}{2} + 1 \right) \approx \frac{n V}{\omega^2} \cdot \frac{1}{\tau_{en}} \cdot \hbar \omega_{21}$$

43. Мощность непрерывной генерации полосового излучателя  
излучающего света  $10 \text{ мВт}$ , имеется вспомогательная лампа  $\lambda = 6,8 \text{ мкм}$ ,  
напряжение которой  $\Delta U = 100 \text{ мВт}$ , радиус излучения лампы  $10 \text{ см} \times 10 \text{ см}$ . По какой геометрии надо настроить  
одинаковое излучение лампы, чтобы его спектральная яркость в  
заданном диапазоне равнялась яркости излучения лампы?

Спектр. яркость излучения АЧД (ламп. ярк., тепл.):

$$U_{\lambda} = \frac{8\pi^2 h \lambda^3}{c^2} \cdot \frac{h\lambda}{e^{\frac{h\lambda}{kT}} - 1}$$

Город СПб на диапазоне излуч. поверхности в сп. излучении  
является:

$$J_{A\lambda} = C U_{\lambda} = \frac{8\pi^2 h \lambda^3}{c^2 (e^{\frac{h\lambda}{kT}} - 1)}$$

Спектральная яркость излучения лампы:

$$J_{\lambda\text{лам}} = \frac{U}{\Delta U \cdot S} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12}} \frac{B\tau}{m^2 \Gamma_y} = 10 \frac{B\tau}{m^2 \Gamma_y} = 10^{-3} \frac{B\tau}{m^2 \Gamma_y}$$

$$e^{\frac{h\lambda}{kT}} - 1 = \frac{8\pi^2 h \lambda^3}{C^2 J_{\lambda\text{лам}}} \Rightarrow \frac{h\lambda}{kT} = \ln \left( 1 + \frac{8\pi^2 h \lambda^3}{C^2 J_{\lambda\text{лам}}} \right)$$

$$\delta = \frac{h\lambda}{k \ln \left( 1 + \frac{8\pi^2 h \lambda^3}{C^2 J_{\lambda\text{лам}}} \right)} = \frac{hc}{\lambda K_B \ln \left( 1 + \frac{8\pi^2 hc}{\lambda^3 J_{\lambda\text{лам}}} \right)} = 5,87 \cdot 10^9 \text{ м}$$