

Механические колебания и волны. Звук и его характеристики

1. Логарифмический декремент затухания камертона, колеблющегося с частотой 100 Гц равен 0,002. Через какой промежуток времени амплитуда колебаний уменьшится в 100 раз?

Дано: $\nu = 100 \text{ Гц}$ $\lambda = 0,002$ $A_0 = 100A$	Решение: Амплитуда затухающих колебаний $A = A_0 e^{-\beta t}$ (1) Найдем из (1) t $\frac{A}{A_0} = e^{-\beta t}; \ln \frac{A}{A_0} = \ln e^{-\beta t}; \ln \frac{A}{A_0} = -\beta t \ln e; \ln \left(\frac{A}{A_0} \right)^{-1} = \beta t, \text{ т.к. } \ln e = 1$
$t - ?$	Т.о. $t = \frac{\ln(A_0/A)}{\beta}$ (2) Найдем коэффициент затухания β из формулы для логарифмического декремента затухания $\lambda = \beta \cdot T$, где $T = \frac{1}{\nu}$. Тогда, $\lambda = \frac{\beta}{\nu}$ и $\beta = \lambda \cdot \nu$ (3)

Подставим (3) в (2) и получим конечную формулу $t = \frac{\ln(A_0/A)}{\lambda \cdot \nu}$

$$t = \frac{\ln 100}{0,002 \cdot 100} \approx 23c \quad [t] = \frac{1}{\text{Гц}} = 1 : \frac{1}{c} = 1c$$

2. Определите громкость шепота интенсивностью 10^{-10} Вт/м^2 и частотой 500 Гц.

Дано: $I = 10^{-10} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ $\nu = 500 \text{ Гц}$ $I_0 = 10^{-12} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Решение: В данном случае $\nu \neq 1 \text{ кГц}$, поэтому значение коэффициента из закона Вебера-Фехнера неизвестно, уровень громкости определяют по кривым равной громкости. Найдем уровень интенсивности $L = 10 \lg \frac{I}{I_0};$ $L = 10 \lg \frac{10^{-10}}{10^{-12}} = 10 \lg 10^2 = 20 \text{ дБ}$
$E - ?$	Используя кривые равной громкости, находим, что при $\nu = 500 \text{ Гц}$ $E = 10$ фон. Ответ: уровень громкости звука шума двигателя 10 фон

3. Громкость шума на улице равна 70 фон, а крика – 80 фон. Определить уровень громкости звука, полученного в результате сложения крика и шума улицы. Частоту крика и шума считать равной 1кГц.

Дано:

$$E_1 = 70 \text{ фон}$$

$$\nu = 1 \text{ кГц}$$

$$E_2 = 80 \text{ фон}$$

Решение:

$$E_1 = 10k \lg \frac{I_1}{I_0}; \text{ т.к. } \nu = 1 \text{ кГц}, \text{ то } k=1 \Rightarrow E_1 = 10 \lg \frac{I_1}{I_0}$$

Найдем I_1

$$70 = 10 \lg \frac{I_1}{10^{-12}}; \quad 7 = \lg \frac{I_1}{10^{-12}}; \quad 10^7 = \frac{I_1}{10^{-12}}; \quad I_1 = 10^7 \cdot 10^{-12} = 10^{-5} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Найдем I_2

$$80 = 10 \lg \frac{I_2}{10^{-12}}; \quad 8 = \lg \frac{I_2}{10^{-12}}; \quad 10^8 = \frac{I_2}{10^{-12}}; \quad I_2 = 10^8 \cdot 10^{-12} = 10^{-4} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

$$E_{\text{общ}} = 10 \lg \frac{I_1 + I_2}{I_0};$$

$$E_{\text{общ}} = 10 \lg \frac{10^{-5} + 10^{-4}}{10^{-12}} = 10 \lg \frac{10^{-4} \cdot (0,1 + 1)}{10^{-12}} = 10 \lg(10^8 \cdot 1,1)$$

$$10[\lg 1,1 + \lg 10^8] = 10[0,04 + 8] = 80,4 \text{ фон}$$

Ответ: уровень громкости звука, полученного в результате сложения крика и шума примерно равен 80, 4 фон

Свойства жидкостей и твердых тел

1. Каков коэффициент поверхностного натяжения воды, если с помощью пипетки, имеющий диаметр $d = 0,4$ мм, можно дозировать воду с точностью $m = 0,01$ г?

Дано:

$$m = 0,01 \text{ г}$$

$$d = 0,4 \text{ мм}$$

$$\sigma - ?$$

СИ

$$10^{-5} \text{ кг}$$

$$4 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Решение:

Условие отрыва капли: $F_m \geq F$

Где $F_m = m \cdot g$ - сила тяжести, действующая на каплю

F -сила поверхностного натяжения капли воды.

$F = \sigma \cdot l$, где σ - коэффициент поверхностного натяжения воды, а l - длина линии отрыва капли.

$$l = 2\pi \cdot r = \pi \cdot d.$$

Таким образом $m \cdot g = \sigma \cdot \pi \cdot d$ и есть условие дозирования.

$$\text{Отсюда } \sigma = \frac{m \cdot g}{\pi \cdot d}$$

$$\sigma = \frac{10^{-5} \text{ кг} \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}} \approx 0,08 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Ответ: 0,08 Н/м

2. Какой объем крови проходит через капилляры диаметром 8 мкм и длиной 0,5 мм в течение часа, если давление на артериальном конце капилляра 40 гПа, а на венозном 13,3 гПа? Динамический коэффициент вязкости крови равен 5 мПа·с.

Дано:	СИ	Решение:
d=8 мкм	$8 \cdot 10^{-6}$ м	Из закона Пуазейля $Q = \frac{\pi \cdot R^4}{8 \cdot \eta \cdot l} (p_1 - p_2)$
l=0,5 мм	$0,5 \cdot 10^{-3}$ м	Из определения объемной скорости кровотока $Q = \frac{V}{t}$,
t= 1 час	3600 с	следовательно $V = Q \cdot t$
p ₁ =40 гПа	$40 \cdot 10^2$ Па	Т.о., $V = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot (p_1 - p_2) \cdot t}{8 \cdot \eta \cdot l}$
p ₂ =13,3 гПа	$13,3 \cdot 10^2$ Па	Найдем радиус сосуда $r = \frac{d}{2} \quad r = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{2} = 4 \cdot 10^{-6}$ м
η=5 мПа·с	$5 \cdot 10^{-3}$ Па·с	$V = \frac{3,14 \cdot 4^4 \cdot (10^{-6})^4 \cdot (40 \cdot 10^2 - 13,3 \cdot 10^2) \cdot 3600}{8 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 \cdot 10^{-3}} = 3,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3$
		$[V] = \frac{\text{м}^4 \cdot \text{Па} \cdot \text{с}}{\text{Па} \cdot \text{с} \cdot \text{м}} = \text{м}^3$
		Ответ*

Физические свойства биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны. Биопотенциалы

1. Удельная емкость мембраны аксона оказалась равной 0,5 мкФ/см². Определите толщину гидрофобного слоя мембраны с диэлектрической проницаемостью 2, электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\Phi}{\text{м}}$.

Дано:	СИ	Решение:
C _{уд} =0,5 мкФ/см ²	$0,5 \cdot 10^{-2}$ Ф/м ²	$C_{\text{уд}} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon}{l}$ Следовательно, $l = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon}{C_{\text{уд}}}$
ε=2		
ε ₀ =8,85·10 ⁻¹² Ф/м		
l-?		$l = \frac{8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 2}{0,5 \cdot 10^{-2}} = 3,54 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 3,54 \text{ нм}$
		$[l] = \frac{\Phi}{\text{м}} : \frac{\Phi}{\text{м}^2} = \frac{\Phi}{\text{м}} \cdot \frac{\text{м}^2}{\Phi} = \text{м}$

2. Найдите коэффициент проницаемости плазматической мембраны Mycoplasma для формамид, если при разнице концентраций этого вещества внутри и снаружи мембраны, равной $0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л, плотность потока его через мембрану равна $8 \cdot 10^{-3}$ моль/(м²·с).

Дано:	СИ	Решение:
C _в -C _н =0,5·10 ⁻⁴ $\frac{\text{моль}}{\text{л}}$	$5 \cdot 10^{-2}$ моль/м ³	Плотность потока через мембрану: $J = P \cdot (C_s - C_n)$

$$J = 8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$$

P-?

Следовательно, $P = \frac{J}{(C_e - C_n)}$

$$P = \frac{8 \cdot 10^{-3}}{5 \cdot 10^{-2}} = 0,16 \text{ м/с}$$

$$[P] = \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} : \frac{\text{моль}}{\text{м}^3} = \frac{\text{моль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \cdot \frac{\text{м}^3}{\text{моль}} = \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3. Потенциал покоя скелетной мышцы равен -88 мВ. Определить отношение концентраций ионов калия внутри мышечного волокна и во внешней среде. Температура тела человека 37° С.

Дано :

$$\varphi = -88 \text{ мВ}$$

$$t = 37^\circ \text{С}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

$$F = 96500 \text{ Кл/моль.}$$

$$\frac{[K^+]_i}{[K^+]_o} = ?$$

С

И

$$-88 \cdot 10^{-3}$$

В

Решение:

$$T = t + 273 = 37 + 273 = 310 \text{ К}$$

$$\varphi_m = - \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \ln \frac{[K^+]_i}{[K^+]_o}$$

$$- \frac{\varphi_m \cdot z \cdot F}{R \cdot T} = \ln \frac{[K^+]_i}{[K^+]_o}$$

$$e^{\frac{\varphi_m \cdot z \cdot F}{R \cdot T}} = \frac{[K^+]_i}{[K^+]_o}$$

$$\frac{[K^+]_i}{[K^+]_o} = e^{\frac{88 \cdot 10^{-3} \cdot 96500}{8,31 \cdot 310}} = e^{3,3} = 26,5$$

Ответ: 26,5

Законы отражения и преломления света. Рефрактометрия. Микроскопия

1. Определите предел разрешения микроскопа для объектива:
а) безиммерсионного с числовой апертурой $A=0,9$; б) с масляной иммерсией ($n=1,6$). Расчет произвести для длины волны в вакууме 550 нм.

Дано:

$$n=1,6$$

$$\lambda_0 = 550 \text{ нм}$$

$$A=0,9$$

СИ

$$550 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Решение:

$$\text{а) } z = \frac{0,5 \cdot \lambda_0}{A}, \quad A = n \cdot \sin \frac{u}{2} = \sin \frac{u}{2}, \quad \text{т.к. } n=1$$

$$z = \frac{0,5 \cdot 550 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{0,9} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$\text{б) } z = \frac{0,5 \cdot \lambda_0}{n \cdot \sin \frac{u}{2}}$$

$$z = \frac{0,5 \cdot 550 \cdot 10^{-9} \text{ м}}{1,6 \cdot 0,9} = 0,19 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

Ответ: 0,3 мкм, 0,19 мкм.

3. Желтому свету натрия соответствует длина волны в вакууме 589 мкм. Определить длину волны этого же света в кедровом масле, показатель преломления которого 1,52.

Дано:
 $\lambda_0 = 589 \cdot 10^{-6} \text{ м}$
 $n_m = 1,52$

Решение:
 Закон преломления света:
 $\lambda_0 = \frac{c}{\nu}; \lambda_m = \frac{v}{\nu}$
 $\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{c}{v}; n_m = \frac{c}{v}; c = n_m \cdot v$
 $\frac{\lambda_0}{\lambda} = \frac{n_m \cdot v}{v}; \lambda = \frac{\lambda_0}{n_m}$
 $\lambda = \frac{589 \cdot 10^{-6}}{1,52} = 387,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$

Поляризация света, закон Малюса. Поляриметрия. Поглощение света, закон Бугера, фотоэлектроколориметрия

1. Чему равен угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность естественного света, прошедшего через эти призмы, уменьшилось в 4 раза? Поглощением света пренебречь.

Дано: $I = \frac{I_0}{4}$ <hr/> $\varphi = ?$ <hr/> $C_2 = ?$	Решение: Закон Малюса $I = I_0 \cdot \cos^2 \varphi$ $\frac{I_0}{4} = I_0 \cdot \cos^2 \varphi; \cos \varphi = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}$ $\varphi = 60^\circ$
--	--

2. Раствор сахара концентрацией $0,08 \text{ г/см}^3$, налитый в кювету, поворачивает плоскость поляризации света в поляриметре на угол $10,1^\circ$. Какова концентрация сахара в моче больного, если плоскость поляризации света при исследовании повернулась на $7,8^\circ$. Размеры кювет одинаковы.

Дано: $C_1 = 0,08 \text{ г/см}^3$ $\Psi_1 = 10,1^\circ$ $\Psi_2 = 7,8^\circ$ $l_1 = l_2$	Решение: $\Psi_1 = [\alpha] \cdot l_1 \cdot C_1, \Psi_2 = [\alpha] \cdot l_2 \cdot C_2$ Удельное вращение $[\alpha]$ не изменяется, так как в обоих случаях раствор сахара. Так как $l_1 = l_2$, то $\frac{\Psi_1}{\Psi_2} = \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow C_2 = \frac{\Psi_2}{\Psi_1} \cdot C_1$ $C_2 = \frac{7,8^\circ}{10,1^\circ} \cdot 0,08 \text{ г/см}^3 = 0,06 \text{ г/см}^3$
--	---

4. Какова длина кюветы, если пропускание налитого в нее раствора с концентрацией 1 г/см^3 равно 50 %? Показатель поглощения раствора $\chi = 0,015 \text{ см}^2 / \text{г}$.

Дано: $C = 1 \text{ г/см}^3$ $\chi = 0,015 \text{ см}^2 / \text{г}$ $T = 50\%$	СИ 10^3 кг/м^3 $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{кг}$	Решение: Оптическая плотность для слабых растворов $D = \chi \cdot C \cdot d$
---	--	--

d -?

$$d = \frac{D}{C \cdot \chi}$$

$$D = \lg \frac{1}{T}; \quad D = \lg \frac{1}{0,5} = \lg 2 = 0,3$$

$$d = \frac{0,3}{10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3}} = 0,2 \text{ м}$$

Радиоактивность, закон радиоактивного распада. Дозиметрия ионизирующих излучений

1. Период полураспада радия $T=1600$ года. Определить, какой процент радия распадется в течение 1000 лет.

Дано:
 $T=1600$ лет
 $t=1000$ лет

Решение:

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \text{ где}$$

N – число нераспавшихся ядер, N_0 – первоначальное число ядер

Постоянная радиоактивного распада $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$

$$N = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{T} t} = N_0 \cdot (e^{\ln 2})^{-\frac{t}{T}} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$$

Число распавшихся ядер радия

$$N_{\text{расп}} = N_0 - N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} = N_0 \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{T}})$$

$$N_{\text{расп}} = (1 - 2^{-\frac{1000}{1600}}) \cdot N_0 = (1 - 2^{-0,625}) \cdot N_0 \approx 0,35 N_0$$

Ответ: в течение 1000 лет распадается 35 % радия.

2. Определить, какую дозу создает препарат активностью 10 Ки за 20 мин на расстоянии 1 м? $K_\gamma = 8,4 P \cdot \text{см}^2 / (\text{ч} \cdot \text{мКи})$, где K_γ – мощность дозы излучения, создаваемой на расстоянии 1 м от источника, если его активность 1 мКи.

Дано:
 $r = 1 \text{ м}$
 $A = 10 \text{ Ки}$
 $t = 20 \text{ мин} = 1200 \text{ с}$

$$K_\gamma = 8,4 P \cdot \text{см}^2 / (\text{ч} \cdot \text{мКи}) = 2,3 \cdot 10^{-4} \frac{P \cdot \text{м}^2}{\text{с} \cdot \text{Ки}}$$

X – ?

Решение:

$$\frac{X}{t} = K_\gamma \cdot \frac{A}{r^2}$$

$$X = \frac{K_\gamma \cdot A \cdot t}{r^2}$$

$$X = \frac{2,3 \cdot 10^{-4} \frac{P \cdot \text{м}^2}{\text{с} \cdot \text{Ки}} \cdot 10 \text{ Ки} \cdot 1200 \text{ с}}{1 \text{ м}^2} = 2,76 P$$

Ответ: препарат создает дозу 2,76 P.

3. Количество распадающихся за единицу времени ядер определяется

активностью вещества. Человек массой 70 кг содержит около $6 \cdot 10^{-9}$ г радия. Определить число распадов радия в минуту в теле человека, если период полураспада радия ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ 1622 года.

Дано:

$$m = 70 \text{ кг}$$

$$m_p = 6 \cdot 10^{-9} \text{ г} = 6 \cdot 10^{-12} \text{ кг}$$

$$t = 60 \text{ с}$$

$$T = 1622 \text{ года} = 51151392000 \text{ с}$$

$$M = 226 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

$A_{\text{мин}} - ?$

Решение:

Активность характеризует число ядер, распавшихся за 1 с

$$A = \frac{\ln 2 \cdot N}{T}$$

$$N = \frac{m_p}{M} \cdot N_A; \quad A = \frac{\ln 2 \cdot m_p \cdot N_A}{M \cdot T}$$

$$A = \frac{0,69 \cdot 6 \cdot 10^{-12} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{226 \cdot 10^{-3} \cdot 5115139 \cdot 10^3} = 2 \cdot 10^3 \text{ ядер/с}$$

$$A_{\text{мин}} = 2 \cdot 10^3 \cdot 60 = 12 \cdot 10^4 \text{ ядер/мин}$$

Ответ: в минуту в теле человека распадается $12 \cdot 10^4$ ядер.