

Электромагнитные колебания и волны

Задачи ЕГЭ

5.2. Формулировки законов и формулы

5.2.1. Формула для периода колебаний математического маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

где l – длина маятника, g – ускорение свободного падения.

5.2.2. Формула для периода колебаний пружинного маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

$$\nu = 1/T.$$

где m – масса груза, k – жесткость пружины.

5.2.3. Формула для периода собственных электромагнитных колебаний в контуре (формула Томсона):

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

где L – коэффициент самоиндукции катушки, C – емкость конденсатора.

$$\eta = U_2 I_2 / (U_1 I_1),$$

Задачи из части А

* 1.

Если длину математического маятника и массу его груза уменьшить в 4 раза, то частота свободных гармонических колебаний маятника

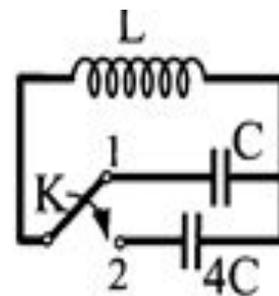
- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1) увеличится в 4 раза | 3) уменьшится в 4 раза |
| 2) увеличится в 2 раза | 4) уменьшится в 2 раза |

- * Решаем задачу используя формулу
- * задача содержит лишние
- * данные m

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}},$$

* 2

Как изменится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рис.), если ключ К перевести из положения 1 в положение 2?



- 1) Увеличится в 4 раза
- 2) Уменьшится в 4 раза
- 3) Увеличится в 2 раза
- 4) Уменьшится в 2 раза

$$\nu = 1/T.$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC},$$

3.

Напряжение на концах первичной обмотки трансформатора 127 В, сила тока в ней 1 А. Напряжение на концах вторичной обмотки 12,7 В, сила тока в ней 8 А. Каков КПД трансформатора? (Здесь имеются в виду действующие значения напряжений и токов.)

- | | |
|----------|---------|
| 1) 100 % | 3) 80 % |
| 2) 90 % | 4) 70 % |

$$\eta = U_2 I_2 / (U_1 I_1),$$

* 4.

Выберите среди приведенных примеров электромагнитные волны с наименьшей частотой.

- 1) Инфракрасное излучение Солнца
- 2) Ультрафиолетовое излучение Солнца
- 3) γ -излучение радиоактивного препарата
- 4) Излучение антенны радиопередатчика

5.

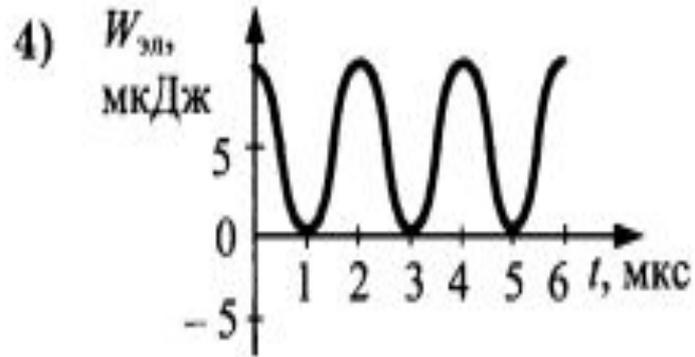
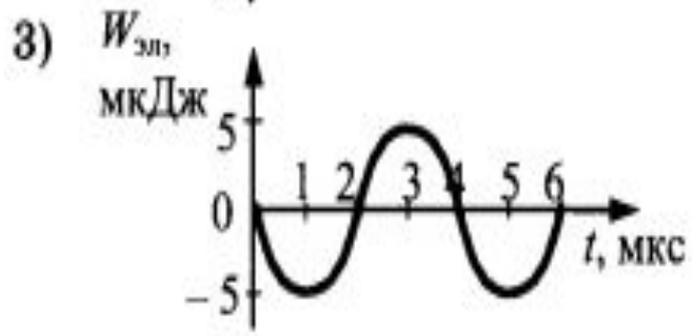
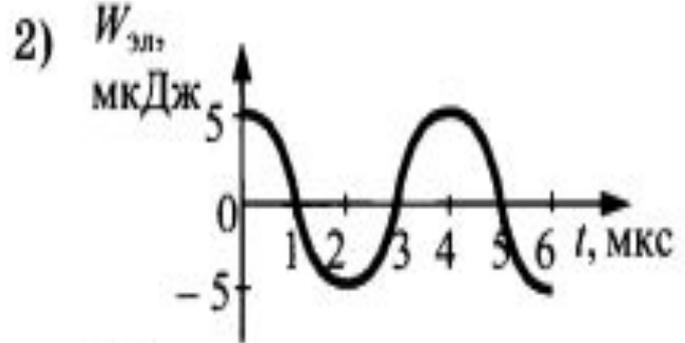
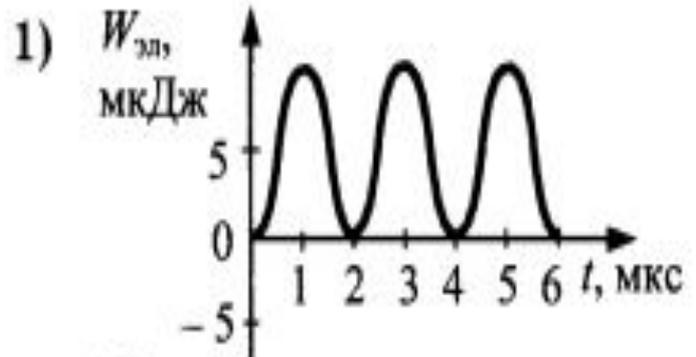
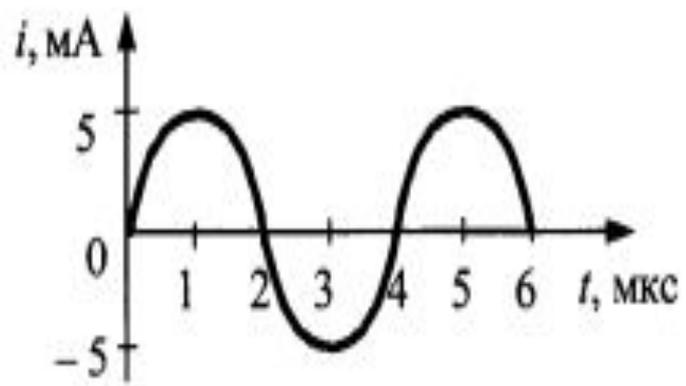
5.3.11(АП). В таблице показано, как изменялся заряд конденсатора в колебательном контуре с течением времени. Какова емкость конденсатора, если индуктивность катушки контура 32 мГн?

1 2 3 4

- 1) 47 пФ
- 2) 51 пФ
- 3) 57 пФ
- 4) 63 пФ

$t, 10^{-6} \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$q, 10^{-6} \text{ Кл}$	2	1,42	0	-1,42	-2	-1,42	0	1,42	2	1,42

* 6. На рисунке приведен график зависимости силы тока от времени в колебательном контуре. На каком из графиков правильно показан процесс изменения энергии электрического поля конденсатора?



Задачи части В

1. Колебательный контур радиоприемника настроен на некоторую длину волны λ . Как изменятся период колебаний в контуре, их частота и соответствующая им длина волны, если площадь пластин конденсатора уменьшить?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) не изменится
- 2) уменьшится
- 3) увеличится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Период колебаний	Частота	Длина волны

2. Установите соответствие между физическими явлениями и их природой. К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

- А) звук
- Б) свет

ИХ ПРИРОДА

- 1) электрические колебания
- 2) электромагнитные колебания
- 3) механические колебания
- 4) электромеханические колебания

А	Б

3

Груз массой m , прикрепленный к пружине, совершает горизонтальные колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с тремя величинами – периодом, максимальной потенциальной энергией пружины и частотой колебаний, если при неизменной амплитуде уменьшить массу? К каждой позиции первого столбца подберите позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) период
- Б) частота
- В) максимальная потенциальная энергия пружины

ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

А	Б	В

4

Установите соответствие между физическими величинами и приборами для их измерения.

К каждой позиции первого столбца подберите нужную позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) частота колебаний маятника
- Б) амплитуда колебаний маятника

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

- 1) динамометр
- 2) секундомер
- 3) амперметр
- 4) линейка

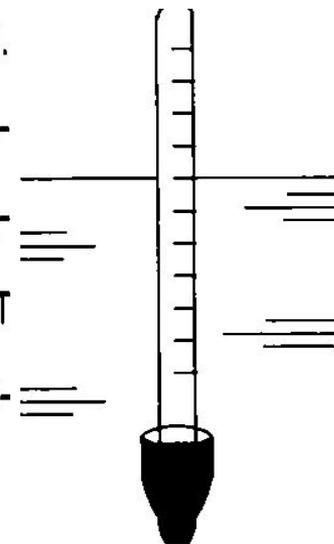
А	Б

Задачи части С

- * 1. Ареометр, погруженный в жидкость, совершает вертикальные гармонические колебания с малой амплитудой (см. рисунок). Масса ареометра 40 г, радиус его трубки 2 мм, плотность жидкости $0,8 \text{ г/см}^3$. Каков период этих колебаний? (Сопротивлением жидкости пренебречь.)

Пояснение. Колебания ареометра аналогичны колебаниям пружинного маятника.

Значит, в качестве исходной можно взять систему из двух уравнений: первое – формула для периода колебаний пружинного маятника, второе – формула для возвращающей силы. В случае колебаний ареометра в роли возвращающей силы выступает дополнительная архимедова сила, обусловленная смещением тела ареометра относительно положения равновесия. Решив эту систему уравнений, получим ответ.



* Решение

Период гармонических колебаний пружинного маятника (5.2.2):

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1)$$

(m – масса груза маятника, k – коэффициент жесткости его пружины). Воспользуемся этой формулой, считая, что в ней m – масса ареометра. На ареометр, смещенный от положения равновесия на расстояние x , действует возвращающая сила

$$F_x = -\rho g S x, \quad (2)$$

где $\rho g S = K$ – коэффициент возвращающей силы. Из уравнения (2) видно, что в случае колебаний ареометра коэффициент K выступает в роли коэффициента упругости k .

Из уравнений (1) и (2) получаем: $T = \frac{2}{r} \sqrt{\frac{\pi m}{\rho g}} \approx 4 \text{ с.}$

* 2.

В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока $I_m = 5$ мА, а амплитуда напряжения на конденсаторе $U_m = 2,0$ В. В некоторый момент времени напряжение на конденсаторе равно 1,2 В. Найдите силу тока в контуре в этот момент.

В идеальном контуре энергия колебаний сохраняется, так что

$$\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}, \quad (1)$$

причем

$$\frac{CU_m^2}{2} = \frac{LI_m^2}{2}. \quad (2)$$

Из равенства (1) следует: $I^2 = I_m^2 - \frac{C}{L}U^2$, из (2): $\frac{C}{L} = \frac{I_m^2}{U_m^2}$.

В результате получаем: $I = I_m \sqrt{1 - \frac{U^2}{U_m^2}} = 4,0$ мА.

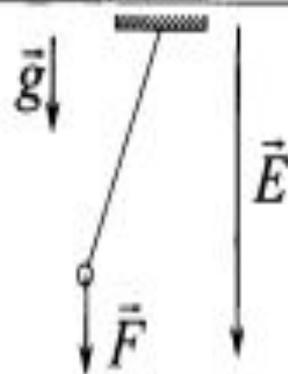
* 3.

Полый металлический шарик массой 2 г подвешен на шелковой нити длиной 50 см. Шарик имеет положительный заряд 10^{-8} Кл и находится в однородном электрическом поле напряженностью 10^6 В/м, направленном вертикально вниз. Каков период малых колебаний шарика?

Период колебаний маятника определяется соотношением

$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}}$, где a – ускорение свободного падения шарика в электри-

ческом поле и поле тяготения. По второму закону Ньютона $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.



Здесь $\vec{F} = \vec{F}_{\text{грав.}} + \vec{F}_{\text{эл.}}$, где $\vec{F}_{\text{грав.}} = m\vec{g}$ и $\vec{F}_{\text{эл.}} = q\vec{E}$. Так как $\vec{g} \uparrow \vec{E}$, то $F = mg + qE \Rightarrow$

$$\Rightarrow a = \frac{mg + qE}{m} = g + \frac{q}{m}E; a = 10 + \frac{10^{-8}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 10^6 = 15 \text{ (м/с}^2\text{)}.$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{a}} = 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{0,5}{15}} \approx 1,15 \text{ (с)}.$$

* 4.

Каков период электромагнитных колебаний в колебательном контуре, если амплитуда силы тока 10 мА, а амплитуда электрического заряда на пластинах конденсатора 1 мкКл?

Связь между амплитудой силы тока I_m и амплитудой электрического заряда q_m :

$$I_m = q_m \omega. \quad (1)$$

Соотношение между периодом электромагнитных колебаний T и циклической частотой ω :

$$T = 2\pi/\omega. \quad (2)$$

Объединяя (1) и (2), имеем

$$T = 2\pi q_m / I_m = 6,28 \cdot 10^{-4} \text{ с.}$$