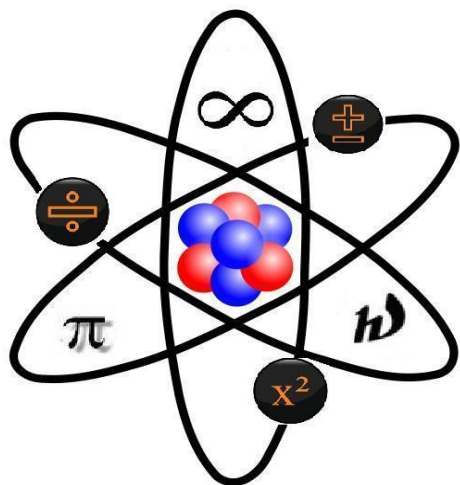


**Физико-технический факультет**

**Решение заданий части 1  
КИМ ЕГЭ 2017:**



**Магнитное поле.**

**Электромагнитная индукция.**

**Электромагнитные колебания**

**И ВОЛНЫ**

*Шимко Елена Анатольевна*

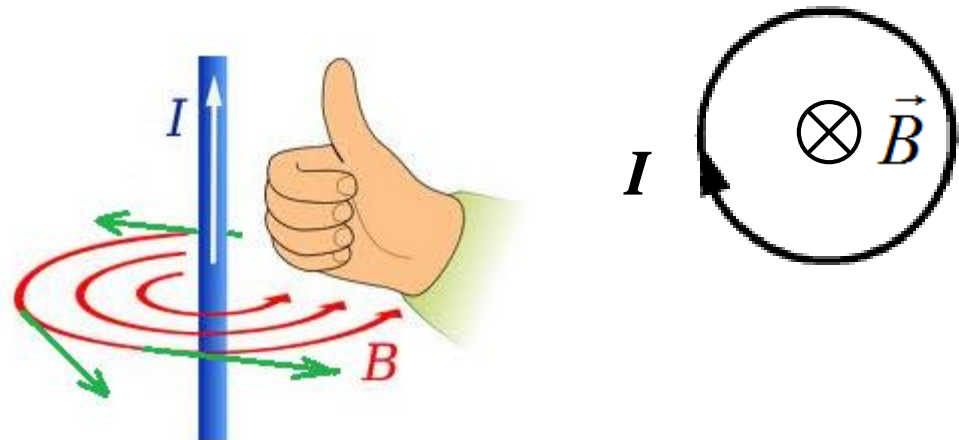
к.п.н., доцент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ,  
председатель краевой предметной комиссии ЕГЭ по физике

*[eashimko65@gmail.com](mailto:eashimko65@gmail.com)*

13	Принцип суперпозиции электрических полей, магнитное поле проводника с током, сила Ампера, сила Лоренца, правило Ленца ( <i>определение направления</i> )
----	--

На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Как направлен в центре витка вектор индукции магнитного поля (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*)?

Ответ: отнаблюдателя



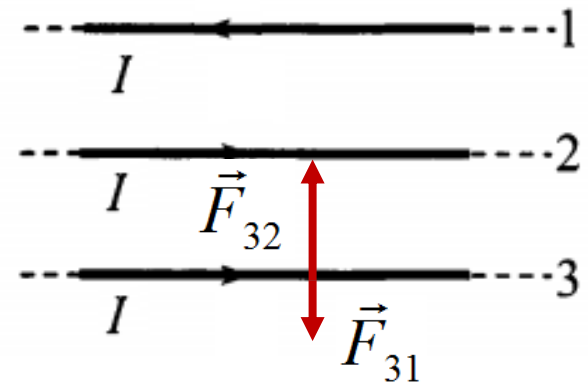
# Пример задания 13

Три тонких параллельных проводника с одинаковыми токами  $I$  лежат в одной плоскости, расстояния между соседними проводниками одинаковы (см. рисунок). На проводник 3 со стороны двух других проводников действуют силы Ампера. Как направлен относительно рисунка вектор равнодействующих этих сил (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*)?

Ответ: ВВЕРХ

$$\vec{F} = \vec{F}_{31} + \vec{F}_{32}$$

$$F = \frac{\mu\mu_0 I_1 I_2 l}{2\pi r}$$



$$F = F_{32} - F_{31}$$

15	<u>Поток вектора магнитной индукции,</u> <u>закон электромагнитной индукции</u> <u>Фарадея, индуктивность, энергия</u> <u>магнитного поля катушки с током,</u> <u>колебательный контур,</u> законы отраже- ния и преломления света, ход лучей в линзе
----	---

За 5 мс магнитный поток, пронизывающий контур, убывает до 4 мВб. ЭДС индукции, возникающей при этом в контуре, равна 1 В. Определите первоначальное значение магнитного потока.

Ответ: 9 мВб

$$\varepsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{\Delta t} \quad \rightarrow \quad \Phi_1 = \varepsilon_i \cdot \Delta t + \Phi_2$$

$$\Phi_1 = 1\text{В} \cdot 5 \cdot 10^{-3}\text{с} + 4 \cdot 10^{-3}\text{Вб} = 9 \cdot 10^{-3}\text{Вб}$$

## Пример задания 15

Прямолинейный проводник длиной 5 см, по которому течет ток 2А, находится в однородном магнитном поле и расположен под углом  $90^\circ$  к силовым линиям поля. Каков модуль магнитной индукции  $B$ , если сила, действующая на проводник со стороны магнитного поля равна 0,2 Н?

Ответ: 2 Тл

$$F_A = IBl \sin \alpha \quad \rightarrow \quad B = \frac{F_A}{Il}$$

$$B = \frac{0,2\text{Н}}{2\text{А} \cdot 0,05\text{м}} = 2\text{Тл}$$

## Пример задания 15

В опыте по наблюдению ЭДС электромагнитной индукции квадратная рамка из тонкого провода со стороной квадрата  $b$  находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости рамки. Модуль индукции поля растет за время  $t$  по линейному закону от 0 до максимального значения  $B_{max}$ . ЭДС индукции, генерируемая при этом в рамке, равна 0,4 В. Какой станет ЭДС индукции, если  $b$  увеличить в 2 раза?

Ответ: 1,6 В

$$\varepsilon_i = \frac{|\Delta\Phi|}{\Delta t}$$

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

$$S = b^2$$

$$\Delta\Phi = S\Delta B, \quad \Delta B = B_2 - B_1 = B_m$$

$$\varepsilon_i = S \frac{|B_{max}|}{\Delta t} = b^2 \frac{|B_{max}|}{\Delta t} \rightarrow \varepsilon_{i2} = 2^2 \varepsilon_{i1} = 4 \cdot 0,4B = 1,6B$$

## Пример задания 15

Участок проводника длиной 10 см находится в магнитном поле индукцией 50 мТл перпендикулярно его силовым линиям. Сила Ампера при перемещении проводника на 8 см совершает работу 0,004 Дж. Чему равна сила тока, протекающего по проводнику?

Ответ: 10 А

$$\left. \begin{array}{l} F_A = IBl \sin \alpha = IBl \\ A = Fs \cos \varphi = Fs \end{array} \right\} A = IBls \rightarrow I = \frac{A}{Bl s}$$

$$I = \frac{0,004 \text{ Дж}}{0,05 \text{ Тл} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 0,08 \text{ м}} = 10 \text{ А}$$

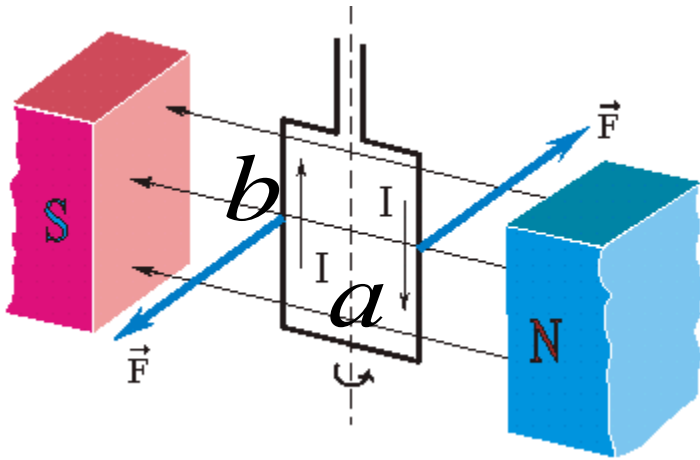
# Пример задания 15

Рамку, площадь которой равна  $0,5 \text{ м}^2$ , поместили в магнитное поле перпендикулярно к его силовым линиям. Когда по рамке пропустили электрический ток  $4 \text{ А}$ , на нее стал действовать момент сил  $12 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Чему равен модуль вектора индукции магнитного поля?

Ответ: 6 Тл

$$M = M_1 + M_2$$

$$M_1 = M_2 = F_A \frac{a}{2}$$



$$F_A = IBb \sin \alpha$$

$$M = 2 \cdot IBb \frac{a}{2} = IBS \quad \rightarrow \quad B = \frac{M}{IS} = \frac{12 \text{ Н}\cdot\text{м}}{4 \text{ А} \cdot 0,5 \text{ м}^2} = 6 \text{ Тл}$$



## Пример задания 15

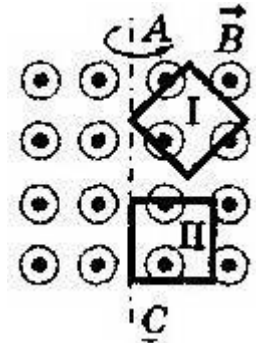
Электрон и протон влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями  $v$  и  $2v$ . Определите отношение модуля силы, действующий на электрон со стороны магнитного поля, к модулю силы, действующий на протон.

Ответ: 0,5

$$F_L = qvB \sin \alpha \quad \rightarrow \quad \frac{F_1}{F_2} = \frac{evB}{e2vB} = \frac{1}{2} = 0,5$$

# Пример задания 15

В однородном магнитном поле вокруг оси AC с одинаковой частотой вращаются две одинаковые проводящие рамки (см. рисунок). Отношение амплитудных значений ЭДС индукции, генерируемых в рамках I и II равно



Ответ: 1

$$\Phi = BS \cos \alpha \quad \alpha = \omega t$$

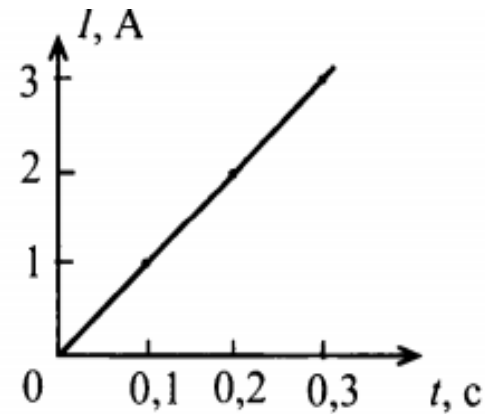
$$\varepsilon_i = -\Phi'_t = BS \omega \sin \omega t$$

$$B = const, \quad \omega = const, \quad S_I = S_{II}$$

## Пример задания 15

Если сила тока в катушке индуктивностью 0,1 Гн изменяется с течением времени, как показано на графике, то в катушке возникает ЭДС самоиндукции, равная по величине

Ответ: 1 В



$$\mathcal{E}_{si} = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t}$$

$$\mathcal{E}_{si} = 0,1 \text{ Гн} \frac{|2 \text{ А}|}{0,2 \text{ с}} = 1 \text{ В}$$

## Пример задания 15

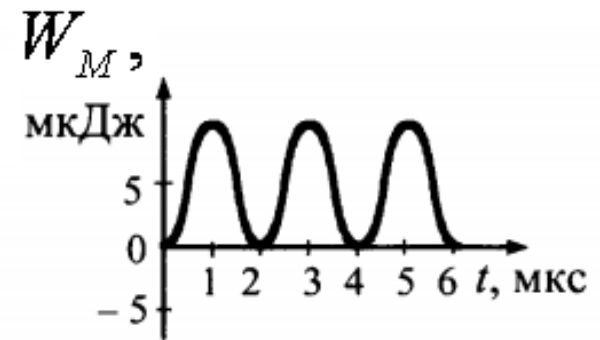
На рисунке приведён график зависимости энергии магнитного поля катушки с током от времени при свободных колебаниях в колебательном контуре. Каким станет период свободных колебаний силы тока в контуре, если катушку индуктивности в этом контуре заменить на другую катушку, индуктивность которой в 25 раз больше?

Ответ: 20 мкс

$$T(W_M) = 2 \text{ мкс}$$



$$T(i) = 4 \text{ мкс}$$

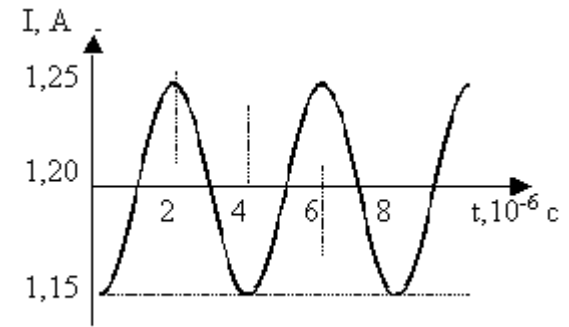


$$T = 2\pi\sqrt{LC} \rightarrow L_2 = 25L_1 \rightarrow T_2 = 5T_1 = 20 \text{ мкс}$$

# Пример задания 15

На рисунке показан график колебаний силы тока в колебательном контуре с антенной. Определите длину электромагнитной волны, излучаемой антенной.

Ответ: 1,2 км



$$c = \lambda \nu$$



$$\lambda = \frac{c}{\nu} = cT$$

$$\lambda = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 4 \cdot 10^{-6} \text{ с} = 1200 \text{ м} = 1,2 \text{ км}$$

## Пример задания 15

Емкость конденсатора, включенного в цепь переменного тока равна 6 мкФ. Уравнение колебаний напряжения на конденсаторе имеет вид  $u(t) = 50\cos(1000t)$ , где все величины выражены в СИ. Найдите амплитуду тока.

Ответ: 0,3 А

$$I_m = \frac{U_m}{X_c}$$

$$u(t) = U_m \cos \omega t$$

$$I_m = U_m \omega C$$

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

$$I_m = 50 \text{ В} \cdot 1000 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \cdot 6 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 0,3 \text{ А}$$

16	Электродинамика (объяснение явлений; интерпретация результатов опытов, представленных в виде таблицы или графиков)
----	--

В идеальном колебательном контуре происходят свободные электромагнитные колебания. В таблице показано, как изменялась сила тока в контуре с течением времени.

$t$ , мкс	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$i$ , А	0,0	2,2	3,0	2,2	0,0	-2,2	-3,0	-2,2	0,0	2,2

Выберите **два** верных утверждения о процессе, происходящем в контуре:

- 1) В начальный момент времени  $t = 0$  энергия магнитного поля катушки максимальна.
- 2) В момент времени  $t = 4$  мкс напряжение на конденсаторе максимально.
- 3) Частота колебаний равна 25 кГц.
- 4) Период колебаний энергии магнитного поля катушки равен 4 мкс.
- 5) В момент времени  $t = 4$  мкс заряд конденсатора равен 0.

Ответ:

**24**

$$i(t) = I_m \sin \omega_0 t$$

$$W_M = \frac{Li^2}{2}$$

$$T(i) = 8 \text{ мкс} \quad \nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{8 \cdot 10^{-6} \text{ с}} = 125 \text{ кГц}$$

17

Электродинамика (*изменение физических величин в процессах*)

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдет с радиусом орбиты и периодом обращения, если эта частица будет двигаться в том же магнитном поле с бóльшей скоростью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

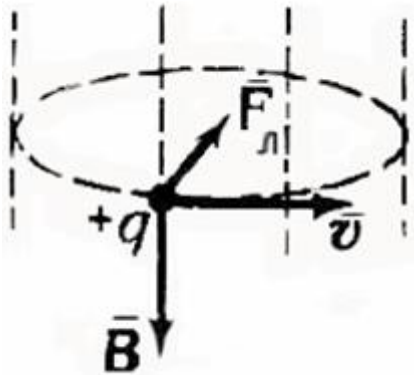
1) увеличится                      2) уменьшится                      3) не изменится

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

Радиус орбиты	Период обращения



Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдет с радиусом орбиты и периодом обращения, если эта частица будет двигаться в том же магнитном поле с бóльшей скоростью?



$$F_L = qvB \sin \alpha$$

$$F = ma = m \frac{v^2}{R}$$

Радиус окружности:

$$R = \frac{mv}{qB}$$

Период обращения:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} \rightarrow T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi}{v} \cdot \frac{mv}{qB} = \frac{2\pi m}{qB}$$

17	Электродинамика <i>(изменение физических величин в процессах)</i>
----	---

Частица массой  $m$ , несущая заряд  $q$ , движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  по окружности радиуса  $R$  со скоростью  $v$ . Что произойдет с радиусом орбиты и периодом обращения, если эта частица будет двигаться в том же магнитном поле с бóльшей скоростью?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится                      2) уменьшится                      3) не изменится

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

Радиус орбиты	Период обращения
1	3

$$R = \frac{mv}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

# Пример задания 17

При настройке колебательного контура генератора, задающего частоту радиопередатчика, его индуктивность увеличили. Как при этом изменятся частота излучаемых волн и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

1) увеличится      2) уменьшится      3) не изменится

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

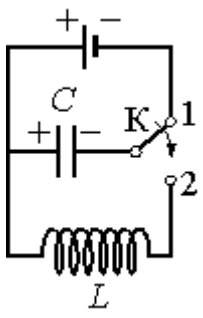
Частота излучаемых волн	Длина волны излучения
2	1

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

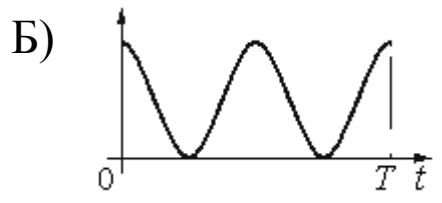
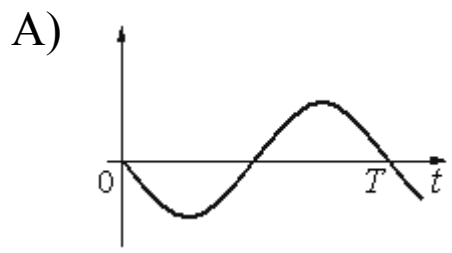
$$c = \lambda \nu \rightarrow \lambda = \frac{c}{\nu}$$

18	Электродинамика (установление соответствия между графиками и физическими величинами, между физическими величинами и формулами)
----	--

Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рис.). В момент  $t = 0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) энергия магнитного поля катушки
- 2) сила тока в катушке
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) заряд левой обкладки конденсатора

$$i = q' = (q_m \cos \omega_0 t)' = -I_m \sin(\omega_0 t)$$

Ответ:

А	Б
2	4

$$W_{\text{Э}} = \frac{q^2}{2C}$$

# Пример задания 18

Протон массой  $m$  и зарядом  $q$  движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля по окружности радиуса  $R$ . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

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

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) период обращения протона по окружности

Б) модуль ускорения протона

## ФОРМУЛЫ

1)  $\frac{2\pi m}{qB}$

2)  $qvB$

3)  $\frac{qvB}{m}$

4)  $\frac{vm}{qB}$

Ответ:

А	Б
1	3

$$a = \frac{F_L}{m} = \frac{qvB}{m}$$

$$T = \frac{2\pi m}{qB}$$

# Пример задания 18

Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности 4 мГн. Заряд на пластинах конденсатора изменяется во времени в соответствии с формулой  $q(t) = 2 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(5000t)$ .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их зависимость от времени в условиях данной задачи.

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

## ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) сила тока  $i(t)$  в колебательном контуре

Б) энергия  $W(t)$  магнитного поля катушки

## ФОРМУЛЫ

1)  $2 \cdot 10^{-3} \sin^2(5000t)$ .

2)  $2 \cdot 10^{-3} \cos^2(5000t)$ .

3)  $20 \cdot \sin(5000t)$ .

4)  $1 \cdot \cos(5000t)$ .

Ответ:

А	Б
4	2

$$I_m = q_m \omega_0$$

$$i = q' = (2 \cdot 10^{-4} \cdot \sin(5000t))' = 1 \cos(5000t)$$

$$W_M = \frac{Li^2}{2}, \quad W = \frac{LI_m^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot (1\text{А})^2}{2} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$$

# Желаем успехов!



**Вебинар: четверг 16.03.2017 15.00-16.30**

**Тема: *Решение заданий части 2* (магнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны)**