

**Решение заданий ЕГЭ. Задание 18
«Электродинамика и основы СТО»
(установление соответствия между
графиками и физическими величинами,
между физическими величинами и
формулами)»**

Логачева Наталья Петровна
учитель физики
МБОУ Сургутский естественно – научный лицей

Задание 1.

Установите соответствие между физическими величинами, описывающими протекание постоянного тока через резистор, и формулами для их расчёта. В формулах использованы обозначения: R — сопротивление резистора; I — сила тока; U — напряжение на резисторе; Δt — промежуток времени.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) мощность тока	1) $I^2 R \Delta t$
Б) работа тока	2) $\frac{U^2}{I} \Delta t$
	3) UI
	4) $\frac{U}{I}$

Решение:

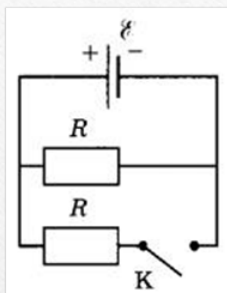
А) Мощность тока определяется как $P=UI$, что соответствует формуле под номером 3.

Б) Работа тока определяется как $A = UI \Delta t$ считывая, что $U=IR$,
имеем: $A = I^2 R \Delta t$, что соответствует формуле под номером 1.

Ответ: 31.

Задание 2.

На рисунке показана цепь постоянного тока. Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать ($\mathcal{E}$ — ЭДС источника тока; R — сопротивление резистора).



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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) сила тока через источник при замкнутом ключе К	1) $\frac{2\mathcal{E}}{R}$
Б) мощность источника при разомкнутом ключе К	2) $\frac{\mathcal{E}^2}{R}$
	3) $\frac{2\mathcal{E}^2}{R}$
	4) $\frac{\mathcal{E}}{R}$

Решение.

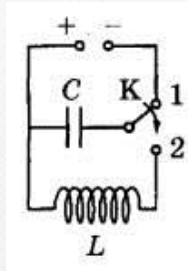
А) При замкнутом ключе К сопротивление внешней цепи равно $\frac{1}{R_{\text{в}}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{R} = \frac{2}{R}$. Тогда по закону Ома, сила тока в цепи, равна: $I = \mathcal{E} \cdot \frac{1}{R_{\text{в}}} = \frac{2\mathcal{E}}{R}$, что соответствует формуле под номером 1.

Б) Мощность источника при разомкнутом ключе К определяется как $P = UI = \frac{U^2}{R} = \frac{\mathcal{E}^2}{R}$ — формула под номером 2.

Ответ: 12.

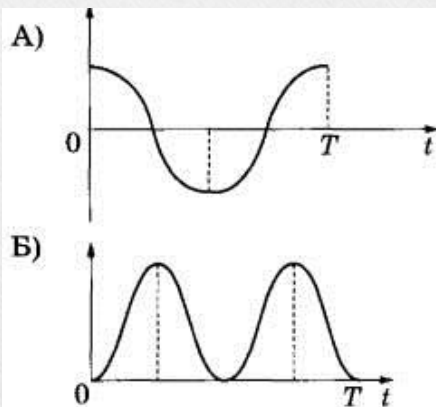
Задание 3.

Конденсатор колебательного контура полностью заряжён от источника постоянного напряжения (см. рисунок). 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. T — период электромагнитных колебаний.



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

А) Так как график уходит в отрицательную область, то это не может быть энергией конденсатора или катушки. Сила тока в катушке тоже не подходит, т.к. в начальный момент времени, при переключении ключа К, она равна 0. Следовательно, это заряд левой обкладки конденсатора. В соответствии с рисунком он изначально заряжается положительно, а затем, в процессе колебаний, постоянно меняет свое значение.

Б) Под этот график подходит изменение энергии. Энергия электрического поля конденсатора не подходит, т.к. в начальный момент времени он заряжен и его энергия максимальна. Подходит энергия магнитного поля катушки, которая возрастает по мере разрядки конденсатора, а затем, убывает.

Ответ: 43.

Задание 4.

Протон массой m и зарядом q движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля B по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) период обращения протона по окружности	1) $\frac{2\pi m}{qB}$
Б) модуль ускорения протона	2) qvB
	3) $\frac{mv}{qB}$
	4) $\frac{qvB}{m}$

Решение:

1. $F = qvB \cdot \sin \alpha$ и так как в данном случае $\alpha = 90^\circ$, то $F = qvB$

$ma = qvB$ в соответствии со вторым законом Ньютона

2. $a = \frac{qvB}{m}$ $a = \frac{v^2}{R}$ $\frac{mv^2}{R} = qvB$, откуда радиус окружности $R = \frac{mv^2}{qvB} = \frac{mv}{qB}$

3. Длина окружности равна $C = 2\pi R = 2\pi \cdot \frac{mv}{qB}$

тогда время прохождения будет равно $T = \frac{C}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$

Ответ: 14.

Задача 5.

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

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	ФОРМУЛЫ
А) сила тока $i(t)$ в колебательном контуре	1) $1 \cdot \cos\left(5000t + \frac{\pi}{2}\right)$
Б) энергия $W(t)$ магнитного поля катушки	2) $20 \cdot \sin(5000t)$
	3) $2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2(5000t)$
	4) $2 \cdot 10^{-3} \cdot \cos^2(5000t)$

Решение.

А) Сила тока в цепи определяется как $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$, что, в пределе означает производную от $q(t)$ по времени t . Найдем $i(t) = q'(t)$, получим:

$$i(t) = -2 \cdot 10^{-4} \cdot 5000 \cdot \sin(5000t) = 1 \cdot \cos\left(5000t + \frac{\pi}{2}\right).$$

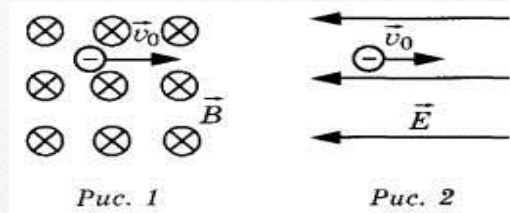
Б) Энергия магнитного поля катушки определяется как

$$\begin{aligned} W(t) &= \frac{Li(t)^2}{2} = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (-\sin^2(5000t)) = \\ &= 2 \cdot 10^{-3} \cdot \sin^2(5000t) \end{aligned}$$

Ответ: 13.

Задача 6.

В первой экспериментальной установке отрицательно заряженная частица влетает в однородное магнитное поле так, что вектор скорости v_0 перпендикулярен индукции магнитного поля (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор скорости v_0 такой же частицы параллелен напряжённости электрического поля (рис. 2). Установите соответствие между экспериментальными установками и траекториями движения частиц в них.



ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ	ТРАЕКТОРИЯ
А) в первой установке	1) прямая линия
Б) во второй установке	2) окружность
	3) спираль
	4) парабола

Решение:

А) На частицу со стороны магнитного поля будет действовать сила Лоренца, равная $F = evB \sin \alpha$, и так как вектор скорости перпендикулярен индукции магнитного поля, то имеем $\sin 90 = 1$ и $F = evB$.

Направление силы Лоренца определяется правилом левой руки. Учитывая, что данное правило разработано для направления тока от «+» к «-», получаем направление силы Лоренца перпендикулярно направлению движения частицы (изначально она направлена вниз, так как отрицательная частица движется к положительному заряду). В результате частица будет описывать круговое движение. Ответ под номером 2.

Б) Здесь на частицу действует сила Кулона $F = qE$, направленная в сторону отрицательного заряда. Под действием этой силы, частица будет продолжать движение в горизонтальном направлении. Ответ под номером 1.

Ответ: 21.

Задача 7.

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L . При свободных электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен q . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) максимальная энергия электрического поля конденсатора	1) $\frac{q^2}{2C}$ 3) $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку	2) $q\sqrt{\frac{C}{L}}$ 4) $\frac{Cq^2}{2}$

Решение: А) Максимальная энергия электрического поля конденсатора равна

$$W = \frac{CU^2}{2},$$

где $U = \frac{q}{C}$ - максимальное напряжение на конденсаторе. Отсюда получаем

$$W = \frac{Cq^2}{2C^2} = \frac{q^2}{2C}.$$

Б) Максимальное значение тока, протекающего через катушку, можно найти из

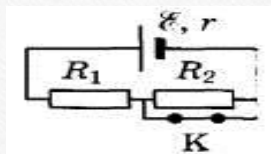
формулы $I = q\omega$, где $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ - циклическая частота колебаний колебательного

контура. Объединяя эти выражения, имеем: $I = \frac{q}{\sqrt{LC}}.$

Ответ: 13.

Задача 8.

На рисунке показана цепь постоянного тока. Сопротивления обоих резисторов одинаковы и равны R . Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (E — ЭДС источника тока). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) тепловая мощность на резисторе R_1 при замкнутом ключе К	1) $\frac{\mathcal{E}^2}{2R}$
Б) тепловая мощность на резисторе R_1 при разомкнутом ключе К	2) $\frac{\mathcal{E}^2}{R}$
	3) $\frac{2\mathcal{E}^2}{R}$
	4) $\frac{\mathcal{E}^2}{4R}$

Решение: А) Тепловая мощность, выделяемая на резисторе R_1 , определяется выражением $P = I^2 R_1$. При замкнутом ключе К сила тока, протекающая через

сопротивление R_1 равна $I = \frac{E}{R_1} = \frac{E}{R}$ и выделяемая мощность $P = \frac{E^2}{R}$.

Б) При разомкнутом ключе К внешнее сопротивление цепи становится

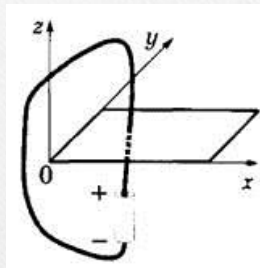
равным $R = R_1 + R_2 = 2R$, а сила тока $I = \frac{E}{2R}$. Тогда выделяемая мощность равна

$$P = \frac{E^2}{4R}.$$

Ответ: 24.

Задание 9.

При подключении проводника к полюсам гальванического элемента на поверхности проводника появляются заряды: положительные вблизи положительного полюса, отрицательные вблизи отрицательного полюса — и возникает электрический ток. Заряды на поверхности проводника создают в пространстве электрическое поле, а ток — магнитное поле. Проводник, подключённый к гальваническому элементу, проходит через отверстие в доске. На рисунках 1-4 при помощи линий поля изображены электрическое и магнитное поля, создаваемые проводником в плоскости доски (вид сверху). Установите соответствие между видами поля и рисунками, изображающими линии поля.

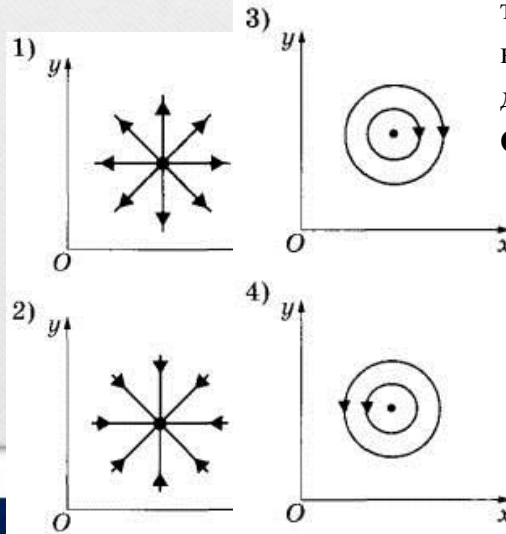


ВИДЫ ПОЛЯ

А) электрическое поле

Б) магнитное поле

ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИНИЙ ПОЛЯ



Решение.

А) Вектор напряженности электрического поля исходит из положительного заряда и входит в отрицательный заряд. Так как доска расположена вблизи положительного полюса, то вокруг проводника с током будет сосредоточен положительный заряд, от которого во все стороны будут исходить линии напряженности электрического поля. Рисунок под номером 1.

Б) Направление линий магнитного поля, циркулирующих вокруг проводника с током, можно найти по правилу буравчика. Направим буравчик от «+» к «-» и будем его ввинчивать по направлению движения тока (также от «+» к «-»). Направление вращения ручки буравчика в плоскости доски будет соответствовать рисунку 4.

Ответ: 14.

Задание 10.

К концам длинного однородного проводника приложено напряжение U . Провод укоротили вдвое и приложили к нему прежнее напряжение U . Как изменятся при этом мощность тока и удельное сопротивление проводника? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

Решение.

Сопротивление проводника можно определить по формуле

$$R = \rho \cdot l / S,$$

где ρ - удельное сопротивление проводника; l - длина проводника; S - площадь поперечного сечения проводника.

Удельное сопротивление проводника – это табличная величина и не зависит от его длины, т.е. оно не изменится.

Мощность тока определяется выражением

$$P = U \cdot I,$$

где I - сила тока в проводнике; U - напряжение. Если проводник уменьшается вдвое, то его сопротивление (по первой формуле) также уменьшается. При уменьшении сопротивления по закону Ома ток

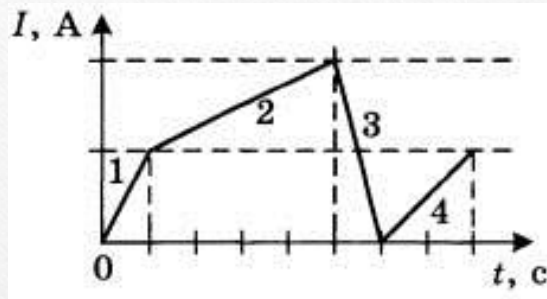
$$I = \frac{U}{R}$$

будет увеличиваться и, соответственно, увеличится мощность тока.

Ответ: 1 и 3.

Задание 11.

На рисунке приведён график зависимости силы тока в катушке индуктивности от времени. В каком промежутке времени (1, 2, 3 или 4) модуль ЭДС самоиндукции принимает наименьшее значение?



Решение.

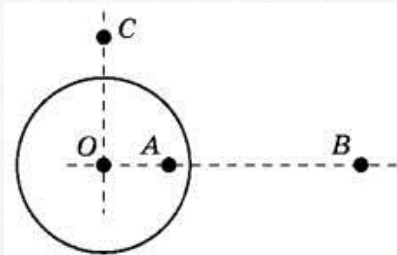
ЭДС самоиндукции определяется как отношение изменения тока на интервал

времени, за которые это изменение произошло, т.е. $|E| = \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{\Delta I}{\Delta t}$. По сути нужно найти сегмент, имеющий наименьший угловой коэффициент (наименьший угол с осью t). Этому соответствует сегмент под номером 2.

Ответ: 2.

Задание 12.

На неподвижном проводящем уединённом шарике радиусом R находится заряд Q . Точка O — центр шарика, $OA = 3R/4$, $OB = 3R$, $OC = 3R/2$. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке C равен E_C . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A и точке B ?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ЗНАЧЕНИЯ
А) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке А	1) 0
Б) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке В	2) $4E_C$
	3) $\frac{E_C}{2}$
	4) $\frac{E_C}{4}$

Решение.

А) Внутри полого проводящего шара напряженность электростатического поля равна 0. Следовательно, в точке А напряженность поля равна 0.

Б) Напряженность электростатического поля убывает в квадратической зависимости от расстояния. Точка В расположена на расстоянии в два раза большем от точки С, в которой напряженность равна E_C . Следовательно, напряженность в точке В будет в 4 раза меньше, чем в точке С и равна $E_C/4$.

Ответ: 14.

