

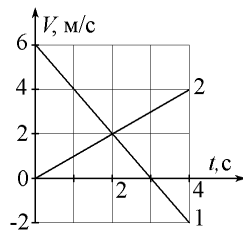


**ФГБОУ ВО
«АЛТАЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ФАКУЛЬТЕТ**

Пробный вариант для проведения
в 2017 году ЕГЭ по ФИЗИКЕ

**ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ
Часть 1**

- 1] На рисунке представлены графики зависимости скорости двух тел (1 и 2) от времени. Найдите отношение модулей ускорений первого тела и второго тела $|a_1| / |a_2|$.



Решение.

По определению ускорения $a_x = \frac{\Delta V_x}{\Delta t}$. Для обоих тел можно выбрать начальную и конечную точки на графике, тогда $a_{1x} = \frac{-2-6}{4} = -2 \text{ м/с}^2$, $a_{2x} = \frac{4-0}{4} = 1 \text{ м/с}^2$. Искомое отношение: $|a_1| / |a_2| = 2/1 = 2$.

Ответ: 2.

- 2] Подъемный кран поднимает вертикально на тросе груз с постоянной скоростью 0,4 м/с. При этом сила натяжения троса равна 4 кН. Каким станет натяжение троса, если опускать этот же груз с постоянной скоростью 0,5 м/с?

Решение.

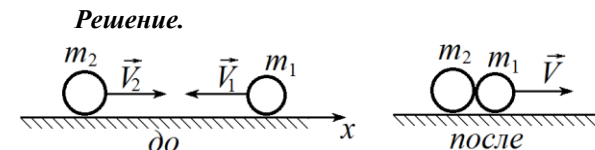
На груз действуют две силы: сила тяжести ($m\vec{g}$) и сила натяжения троса (\vec{T}). Если груз движется с постоянной скоростью, то вне зависимости от направления движения, по законам Ньютона получаем: $m\vec{g} + \vec{T} = 0$. Следовательно, по модулю $mg = T$ и искомая сила натяжения при опускании груза $T = 4 \text{ кН}$.

Ответ: 4 кН.

- 3] Два шарика массами 1 кг и 3 кг налетают друг на друга вдоль прямой линии, проходящей через их центры, с равными по модулю скоростями 10 м/с. Определите модуль скорости шариков после абсолютно неупругого удара.

По закону сохранения импульса сумма импульсов шариков не меняется. При абсолютно неупругом ударе они слипаются и двигаются далее как одно целое. С учетом направлений движения: $m_2 V_2 - m_1 V_1 = (m_2 + m_1) V$, где V – искомая скорость. Подставляя числовые значения: $V = \frac{m_2 V_2 - m_1 V_1}{m_2 + m_1} = \frac{3 \cdot 10 - 1 \cdot 10}{3 + 1} = 5 \text{ м/с}$.

Ответ: 5 м/с.



- 4] Кубик из алюминия с длиной ребра 5 см положили на горизонтальную поверхность. Определите величину давления на эту поверхность со стороны кубика.

Решение.

Давление кубика на поверхность равно отношению веса кубика (в данном случае равного силе тяжести $P = mg$) и площади опоры (одной грани $S = a^2$): $p = \frac{P}{S} = \frac{mg}{a^2}$.

Масса куба выражается через плотность по формуле: $m = \rho V$, где $V = a^3$ – объем.

Тогда: $p = \rho g a$ – как для столба жидкости. Из таблиц в начале задания выбираем для алюминия $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$, $g = 10 \text{ м/с}^2$ и находим: $p = 2700 \cdot 10 \cdot 0,05 = 1350 \text{ Па}$.

Ответ: 1350 Па.

- 5] В таблице приведены значения координаты тела массой 100 г, колеблющегося по гармоническому закону на пружине, в зависимости от времени. Выберите **два** верных утверждения на основании анализа таблицы.

Координата x , см	1,0	2,0	3,0	2,0	1,0	2,0	3,0	2,0	1,0	2,0	3,0	2,0
Время t , с	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4

- 1) Амплитуда колебаний координаты тела равна 2,0 см.
- 2) Амплитуда колебаний скорости тела примерно равна 8 см/с.
- 3) Полная энергия колебаний примерно равна 32 мДж.
- 4) Жесткость пружины примерно равна 6 Н/м.
- 5) В момент времени $t = 0,7 \text{ с}$ координата тела равна 2,5 см.

Решение.

Поскольку колебания происходят в пределах от 1,0 см до 3,0 см (по таблице), то для амплитуды можно записать: $2A = 3,0 - 1,0$ или $A = 1,0 \text{ см}$. Значит 1-ое утверждение неверное.

Период колебаний $T = 0,8 \text{ с}$, циклическая частота колебаний равна $\omega = \frac{2\pi}{T} = 7,85 \text{ рад/с}$. Максимальная скорость при колебаниях $V_m = A\omega = 7,85 \approx 8 \text{ см/с}$. Значит 2-ое утверждение верное.

Полная энергия колебаний $E = \frac{mV_m^2}{2} = \frac{0,1 \cdot (0,0785)^2}{2} = 3,08 \cdot 10^{-4} \approx 0,31$ мДж. Значит 3-е утверждение неверное.

Период колебаний пружинного маятника $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, тогда жесткость пружины

$$k = \frac{4\pi^2 m}{T^2} = \left(\frac{2 \cdot 3,14}{0,8}\right)^2 \cdot 0,1 = 6,16 \approx 6 \text{ Н/м. Значит 4-ое утверждение верное.}$$

Колебания происходят по гармоническому закону (по синусоиде, а не по прямому отрезку), поэтому после смещения от максимума (при $t = 0,6$ с имеем $x = 3,0$ см) на $1/8$ периода (по фазе на $\pi/4$) координата должна быть равна: $x = 3,0 - 1,0 \cdot \sin(\pi/4) \approx 2,3$ см. Значит 5-ое утверждение неверное.

Ответ: 24 или 42.

6] Тело пустили вверх по прямому гладкому желобу с углом наклона α к горизонту с начальной скоростью v_0 . Оно поднялось по желобу на некоторую высоту, после чего съехало обратно. Затем угол наклона желоба увеличили и снова пустили тело вверх с той же по величине начальной скоростью v_0 . Как изменились в результате этого высота подъема и сила реакции желоба на тело? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличилась; 2) уменьшилась; 3) не изменилась. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Высота подъема тела	Сила реакции желоба на тело

Решение.

При движении по гладкому желобу вверх происходит переход кинетической энергии в потенциальную энергию. Тогда по закону сохранения полной механической энергии $\frac{mV_0^2}{2} = mgh$, откуда $h = \frac{V_0^2}{2g}$ вне зависимости от угла наклона желоба. Значит, высота подъема тела не изменится (ответ 3). Движение по прямому желобу эквивалентно движению по наклонной плоскости, поэтому для силы реакции желоба на тело (нормальная реакция опоры): $N = mg \cdot \cos \alpha$. Если угол увеличить, то косинус, а с ним и реакция опоры – уменьшатся (ответ 2).

Ответ: 32.

7] Тело массой m покоится на шероховатой горизонтальной плоскости. В момент времени $t = 0$ на тело начала действовать постоянная сила F , направленная горизонтально. При этом тело пришло в движение с постоянным ускорением a . 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

- А) импульс тела через первые t секунд после начала движения
 Б) средняя скорость за первые t секунд движения

ФОРМУЛЫ

- 1) mat
 2) Ft
 3) at
 4) $at/2$

Решение.

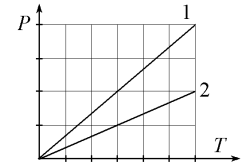
Поскольку вначале тело покоилось, то скорость тела и его перемещение при прямолинейном равноускоренном движении через время t после его начала равны, соответственно: $V = at$ и $S = \frac{at^2}{2}$.

Импульс тела: $p = mV = mat$ (формула 1).

Средняя скорость за первые t секунд движения: $V_{cp} = \frac{S}{t} = \frac{at}{2}$ (формула 4)

Ответ: 14.

8] На графике показаны зависимости давления газа от температуры для двух изохорных процессов. Известно, что в первом процессе участвует аргон, а во втором – кислород, причем массы газов одинаковы. Найдите отношение объемов этих газов V_2/V_1 .



Решение.

Для каждого из газов справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = \frac{m}{M}RT$. Запишем его дважды и поделим уравнения друг на друга: $\frac{p_2 V_2}{p_1 V_1} = \frac{M_1 T_2}{M_2 T_1}$.

Возьмем любые две точки – по одной с каждого графика (поскольку оба процесса изохорные) и подставим значения прямо в клеточках, так как у нас отношения величин. Например, $p_1 = 2$, $T_1 = 3$ и $p_2 = 2$, $T_2 = 6$. Из таблиц вначале выберем значения молярных масс: $M_1 = 40$ г/моль и $M_2 = 32$ г/моль. Подставив все в последнее уравнение: $\frac{2 \cdot V_2}{2 \cdot V_1} = \frac{40 \cdot 6}{32 \cdot 3}$, получим: $\frac{V_2}{V_1} = 2,5$.

Ответ: 2,5.

9] В результате некоторого процесса внутренняя энергия газа возросла на 783 Дж и над газом была совершена работа 317 Дж. Какое количество теплоты получил газ в ходе этого процесса?

Решение.

По первому закону термодинамики: $Q = A + \Delta U$. Если работа совершена над газом, то работа самого газа $A = -A' = -317$ Дж. Тогда искомая полученная газом теплота равна: $Q = -317 + 783 = 466$ Дж.

Ответ: 466 Дж.

10 В сосуде под поршнем находится 3 г воды и 5 г насыщенного водяного пара. Объем сосуда постепенно увеличили в 2 раза, не изменяя температуры. Определите значение относительной влажности в конце процесса.

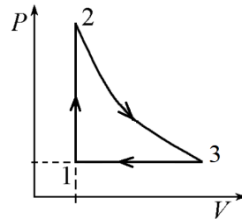
Решение.

Относительную влажность пара можно определить по формуле: $\varphi = \frac{\rho}{\rho_{нас}} \cdot 100\%$.

Если объем возрос в 2 раза, то максимальное количество пара при той же температуре должно быть вдвое выше (10 г) и, значит, вся вода испарилась – пара стало 8 г. Новое значение плотности, учитывая, что вначале он был насыщенным: $\rho = 0,8 \cdot \rho_{нас}$. Значит $\varphi = 0,8 \cdot 100\% = 80\%$.

Ответ: 80 %.

11 Идеальный одноатомный газ совершает циклический процесс 1-2-3. Участок 2-3 является адиабатой. На основе анализа этого циклического процесса выберите два верных утверждения.



- 1) КПД данного цикла равно $(T_1 - T_2)/T_1$.
- 2) На участке 1-2 к газу подводится теплота.
- 3) Плотность газа в точке 3 максимальна.
- 4) Температура газа в точке 2 больше температуры газа в точке 3.
- 5) Работа над газом на участке 2-3 меньше изменения внутренней энергии газа.

Решение.

1-ое утверждение неверно, поскольку соответствует только циклу Карно (две изомеры и две адиабаты).

На участке 1-2 объем не изменяется (работа равна нулю), а давление растет, значит растут и температура и внутренняя энергия: тепло подводится к газу и 2-ое утверждение верно.

В точке 3 максимален объем газа, значит, плотность газа минимальна и утверждение 3 неверно.

Участок 23 – адиабата. Объем газа растет, следовательно, совершается положительная работа за счет уменьшения внутренней энергии и температура падает. Тогда температура газа в точке 2 больше температуры в точке 3 и 4-ое утверждение верно.

Работа над газом на адиабате 23 равна изменению внутренней энергии, значит утверждение 5 – неверное.

Ответ: 24 или 42.

12 В некотором процессе объем идеального одноатомного газа прямо пропорционален квадрату температуры. Как изменяются в этом процессе параметры газа: плотность и давление, если газ совершает отрицательную работу? 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.

Плотность	Давление

Решение.

По условию объем идеального одноатомного газа прямо пропорционален квадрату температуры: $V = a \cdot T^2$, где a – постоянная. Газ совершает отрицательную работу, значит, его объем уменьшается, плотность увеличивается (ответ) и температура уменьшается. По уравнению Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$, откуда

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{\nu R}{aT}$$

и давление увеличивается (также ответ 1).

Ответ: 11.

13 Электрон пролетает вблизи южного полюса магнита, как показано на рисунке. Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Лоренца, действующая на электрон? Ответ запишите словом (словами).

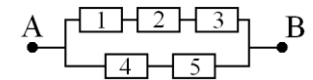


Решение.

В условии задания 27 есть подсказка – показано направление силовых магнитных линий постоянного магнита (в точке, где находится электрон – вверх). Применяем правило левой руки: (пальцы направляем по скорости; руку располагаем так, чтобы вектор магнитной индукции входил в ладонь; большой палец отгибаем под прямым углом к остальным пальцам) направление искомой силы от наблюдателя – надо не забыть, что заряд электрона отрицателен.

Ответ: от наблюдателя.

14 Участок электрической цепи АВ подключен к напряжению 50 В. Все резисторы участка имеют одинаковое сопротивление 10 Ом. Чему равно напряжение на резисторе 4?

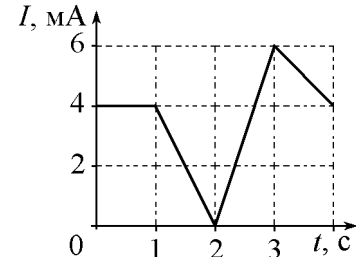


Решение.

Рассмотри ветвь с резисторами 4 и 5: она подключена к узлам А и В. Сопротивление резисторов одинаковы, значит напряжение участка делится пополам и на каждом из них ровно половина приложенного напряжения: $U = U_{AB} / 2 = 25$ В.

Ответ: 25 В.

15 На рисунке приведен график зависимости силы тока в катушке индуктивности от времени. Определите индуктивность катушки, если максимальная магнитная энергия катушки в процессе наблюдения была равна $72 \cdot 10^{-7}$ Дж. I , мА



Решение.

Максимальная энергия соответствует максимальному току $I = 6$ мА (по графику). Из формулы магнитной энергии катушки: $W = \frac{LI^2}{2}$ выражаем искомую

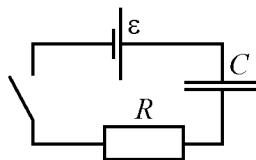
индуктивность: $L = \frac{2W}{I^2} = \frac{2 \cdot 72 \cdot 10^{-7}}{(6 \cdot 10^{-3})^2} = 0,4 \text{ Гн.}$

Ответ: 0,4 Гн.

16 В таблице приведены значения силы тока в электрической цепи (см. рис.) в зависимости от времени сразу после замыкания ключа. Сопротивление резистора равно 10 кОм. Источник имеет пренебрежимо малое внутреннее сопротивление. Выберите **два неверных** утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

$I, \text{ мА}$	1,20	0,98	0,80	0,66	0,54	0,44	0,36	0,30	0,24
$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8

- Через 3 с после замыкания напряжение на конденсаторе 5,4 В.
- Через 4 с после замыкания напряжение на резисторе 5,4 В.
- ЭДС источника равна 120 В.
- Напряжение на резисторе в опыте монотонно убывает.
- Емкость конденсатора равна 5 мФ.



Решение.

Согласно с законом Ома для данной цепи можно записать: $\varepsilon = U + IR$, где U – напряжение на конденсаторе. Для начала процесса $U = 0$ и $\varepsilon = I(0) \cdot R = 12 \text{ В}$, значит, утверждение 3 – неверное. В момент времени $t = 3 \text{ с}$ имеем $U(3) = \varepsilon - I(3) \cdot R = 12 - 0,66 \cdot 10 = 5,4 \text{ В}$: утверждение 1 – верное. В момент времени $t = 4 \text{ с}$ имеем $I(4) \cdot R = 0,54 \cdot 10 = 5,4 \text{ В}$: утверждение 2 – верное. Поскольку ток монотонно убывает (по таблице), то и напряжение на резисторе монотонно убывает: утверждение 4 – верное.

За первую секунду ток был почти все время более 1 мА, а, значит, по цепи прошло не более $q = I \cdot t = 1,2 \text{ мКл}$ заряда, а напряжение на конденсаторе стало: $U(1) = \varepsilon - I(1) \cdot R = 12 - 0,98 \cdot 10 = 2,2 \text{ В}$. Значит его емкость не более $C = \frac{q}{U} = \frac{1,2}{2,2} = 0,545 \text{ мФ}$ и утверждение 5 – неверное.

Важно не забыть, что просили вписать номера неверных утверждений!

Ответ: 35 или 53.

17 На дифракционную решетку падает нормально параллельный пучок лучей света с длиной волны λ . На экране позади решетки наблюдаются дифракционные максимумы. Не меняя расположения решетки и экрана, длину волны света увеличивают вдвое (до 2λ). Как изменились полное количество дифракционных максимумов и скорость света? 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.

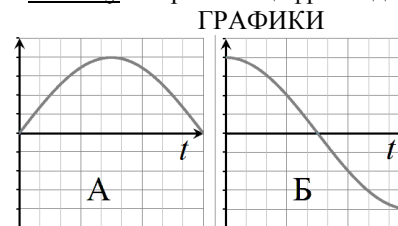
Количество дифракционных максимумов	Скорость света

Решение.

Для дифракционной решетки справедливо: $d \cdot \sin \alpha_k = k\lambda$. Если длина волны света увеличится вдвое, то все прежние дифракционные максимумы с нечетными номерами пропадут, а с четными останутся. Следовательно, их общее количество уменьшится (ответ 2). Скорость света, согласно постулатам специальной теории относительности (СТО), является постоянной величиной (ответ 3).

Ответ: 23.

18 В однородном магнитном поле расположен виток провода сопротивлением R , причем линии индукции параллельны плоскости витка. Виток равномерно поворачивают на угол 180° вокруг оси, лежащей в плоскости витка и перпендикулярной магнитному полю. 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.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- сила тока в витке
- сопротивление провода витка
- магнитный поток через сечение витка
- количество теплоты, выделившееся в витке

Решение.

Сопротивление провода витка является постоянным, что не соответствует ни одному из графиков: ответ 2 не подходит. Количество теплоты, выделившееся в контуре, не может уменьшаться, поэтому и ответ 4 не подходит. По условию вначале линии индукции параллельны плоскости витка, поэтому начальный магнитный поток равен нулю: $\Phi = BS \cdot \cos 90^\circ = 0$. Значит графику А соответствует физическая величина 3.

Индукционный ток в витке: $I = \frac{\varepsilon}{R} = -\frac{\Phi'}{R}$. Если магнитный поток меняется по синусу (график А), то его производная по косинусу, и графику Б соответствует ответ 1.

Ответ: 31.

19 Ядро некоторого элемента испытывает два α -распада и один β -распад. На сколько уменьшились число нейтронов и число протонов в ядре?

Число нейтронов	Число протонов

Решение.

Запишем полностью уравнение распада: ${}^A_Z X \rightarrow 2 \cdot {}^4_2 \text{He} + {}^0_{-1} e + {}^{A'}_{Z'} Y$. Из закона сохранения массового и зарядового чисел следует: $Z - Z' = 2 \cdot 2 - 1 = 3$ – изменение (уменьше-

ние) числа протонов и $(A - A') - (Z - Z') = 2 \cdot 4 - (2 \cdot 2 - 1) = 5$ – изменение (уменьшение) числа нейтронов.

Ответ: 53.

20] Имеется 80 г радиоактивного препарата. Сколько его распадётся за 3 года, если период полураспада составляет 2 года? Ответ округлите до целого.

Решение.

Радиоактивный распад можно описать с помощью формулы: $m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, где m – масса препарата к моменту времени t . Тогда для данных задачи получим $m = 80 \cdot 2^{-\frac{3}{2}} = 20\sqrt{2} \approx 28$ г. По условию спрашивают, сколько препарата распалось, следовательно, $|\Delta m| = m_0 - m \approx 80 - 28 = 52$ г.

Ответ: 52.

21] На металлическую пластинку падает пучок света оранжевого цвета. При этом происходит фотоэффект, и электроны вылетают из пластинки с некоторой скоростью. Не изменяя концентрации фотонов в падающем потоке, цвет лучей изменяют на синий. Как при этом изменится давление падающего излучения на пластинку и импульс выбитых электронов? 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.

Давление падающего излучения	Импульс выбитых электронов

Решение.

Цвет света сменили с оранжевого на синий. Значит, частота света возросла, а с ней и энергия фотона, и импульс: $E_\phi = h\nu$, $p_\phi = \frac{h\nu}{c}$. Концентрация фотонов не изменилась, следовательно, давление возросло (ответ 1). Энергия выбитых электронов и их импульс также возрастут по закону фотоэффекта: $E_e = E_\phi - A_{\text{вых}}$ и $p_e = \sqrt{2m_e E_e}$ (ответ 1).

Ответ: 11.

22] Для нахождения скорости равномерного движения тела измеряют расстояние, которое оно проходит за определенное время. При измерениях оказалось, что за время, равное 20 секунд, тело прошло расстояние $s = (206 \pm 4)$ м. Определите скорость движения.

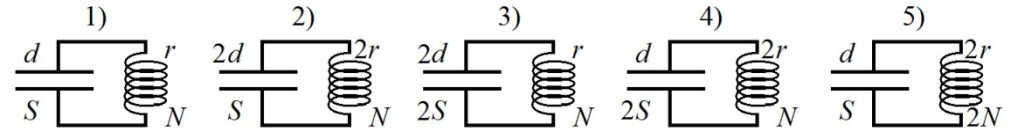
Решение.

Скорость тела при равномерном движении $V = \frac{S}{t}$. Тогда разделив величины дан-

ные по условию, получим: $V = (10,3 \pm 0,2)$ м/с. При записи число знаков после запятой должно быть одинаково и у среднего значения и у погрешности. Если записать ответ по правилам (они даны в самом начале КИМа), получим 10,30,2.

Ответ: 10,30,2.

23] Необходимо экспериментально изучить зависимость периода колебаний в колебательном контуре от емкости конденсатора (на всех представленных ниже рисунках S – площадь пластин, d – расстояние между пластинами, N – число витков в катушке индуктивности, r – радиус катушки индуктивности). Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования?



Запишите в таблицу номера выбранных установок.

Решение.

Период колебаний в колебательном контуре $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Если надо провести исследование по зависимости периода от емкости конденсатора, то надо выбрать пару колебательных контуров, у которых C (емкость) – разная, а L (индуктивность) – одинаковая (одинаковы число витков и радиус катушки). Это пара 2 и 4. Пара 1 и 3 не подходит, поскольку емкость конденсаторов в этой паре одинакова.

Ответ: 24 или 42.

Часть 2

24] Мячик бросили горизонтально с начальной скоростью 7,5 м/с с башни высотой 30 м. На каком расстоянии от точки бросания окажется мячик через 2 с? Сопротивлением воздуха пренебречь.

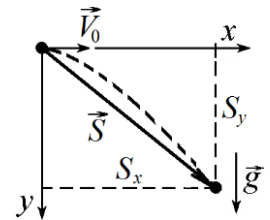
Решение.

По горизонтали движение происходит с постоянной скоростью, значит проекция перемещения на ось Ox : $S_x = V_0 \cdot t = 15$ м. По вертикали происходит равноускоренное движение без начальной скорости, тогда проекция перемещения на ось Oy :

$S_y = \frac{gt^2}{2} = 20$ м (мячик еще не долетел до земли). Искомое

расстояние можно найти по теореме Пифагора: $S = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} = 25$ м.

Ответ: 25 м.



25] У теплового двигателя за один цикл, в ходе которого совершается работа 200 Дж, отводится теплота 300 Дж. Температура холодильника 27°C. Какова температура нагревателя, если двигатель работает по циклу Карно?

Решение.

По определению термодинамического КПД теплового цикла: $\eta = \frac{A}{Q_1}$, где работа в цикле $A = Q_1 - Q_2$ – равна разности подведенной и отведенной теплоты. Для цикла Карно КПД выражается через температуры холодильника и нагревателя по формуле: $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Приравняем выражения $\frac{A}{Q_2 + A} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ и после подстановки числовых значений находим $T_1 = 500$ К или $t_1 = 227$ °С.

Ответ: 227 °С.

26] Протон и альфа-частица, предварительно ускоренные электрическим полем, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно магнитным силовым линиям. Радиусы окружностей, по которым двигаются заряды, относятся как $R_p/R_\alpha = 2$. Каково отношение U_p/U_α ускоряющих разностей потенциалов, которые прошли частицы?

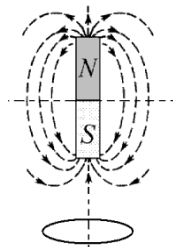
Решение.

Для движения по окружности в магнитном поле можно вывести выражение: $mV = |q|BR$. Для частицы, ускоренной разностью потенциалов из закона сохранения энергии: $|q|U = \frac{mV^2}{2}$. Исключая скорость из формул, выразим разность потенциалов: $U = \frac{|q|B^2R^2}{2m}$. Учитывая соотношение масс и зарядов протона и α -частицы:

$$q_\alpha = 2q_p = 2e, m_\alpha = 4m_p, \text{ получаем ответ: } \frac{U_p}{U_\alpha} = \frac{m_\alpha}{m_p} \cdot \frac{q_p}{q_\alpha} \cdot \left(\frac{R_p}{R_\alpha}\right)^2 = 8.$$

Ответ: 8.

27] Постоянный магнит закреплен на горизонтальной оси. Внизу под ним расположен небольшой проволочный виток, плоскость витка горизонтальна. Магнит начинают вращать с постоянной угловой скоростью вокруг этой оси. Нарисуйте примерный график зависимости тока в витке от времени и сделайте необходимые пояснения. Объясните, в какие моменты времени достигается максимальный ток, и как его величина зависит от частоты вращения.

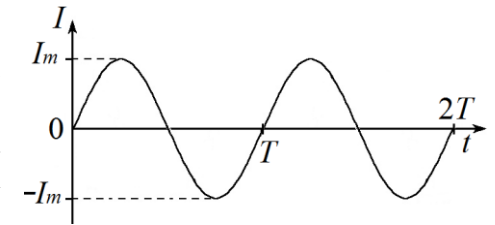


Решение.

Магнитный поток, пронизывающий виток, меняется периодически: в моменты, когда ось магнита вертикальна – он максимален (Φ_m по модулю), в моменты, когда ось магнита горизонтальна – он обращается в нуль. Учитывая начальное расположение,

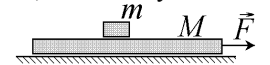
запишем примерную зависимость в виде: $\Phi = \Phi_m \cdot \cos(\omega t)$. Тогда ЭДС индукции и индукционный ток будут равны: $\varepsilon = -\Phi' = \Phi_m \cdot \omega \cdot \sin(\omega t)$ и $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{\Phi_m \cdot \omega}{R} \cdot \sin(\omega t)$.

Изображаем примерный график силы тока.



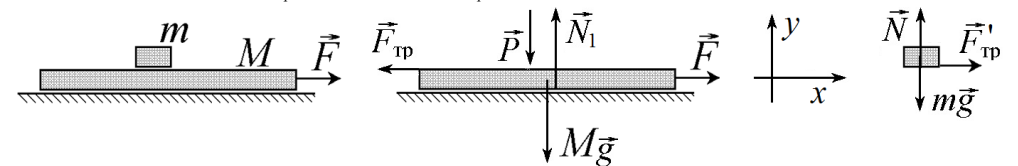
Максимальный ток равен $I_m = \frac{\Phi_m \cdot \omega}{R}$ и прямо пропорционален частоте вращения (обратно пропорционален периоду T). Достигается он в моменты, когда ось магнита располагается горизонтально, то есть в моменты от начала вращения $t_k = \frac{T}{4} \cdot (2k - 1)$, где $k \in \mathbb{N}$.

28] На гладкой горизонтальной поверхности лежит доска массы $M = 6$ кг и длины $l = 2$ м, а на ней – небольшой брусок массы $m = 1$ кг. Доску начинают тянуть с горизонтальной силой $F = 20$ Н. Коэффициент трения между бруском и доской $\mu = 0,2$. Какой будет скорость у доски в момент, когда брусок соскользнет с нее, если вначале брусок находился на середине доски?



Решение.

Отделим груз от доски и покажем действующие силы. Силы трения равны по III закону Ньютона: $F_{mp} = F'_{mp}$. По второму закону Ньютона для каждого из тел в проекции на ось Ox : $ma_1 = F_{mp}$ и $Ma_2 = F - F_{mp}$.



Для груза в проекции на ось Oy : $0 = N - mg$, следовательно, для силы трения скольжения: $F_{mp} = \mu N = \mu mg$. Тогда ускорения тел и относительное ускорение груза равны: $a_1 = \mu g = 2$ м/с², $a_2 = \frac{F - \mu mg}{M} = 3$ м/с² и $a_{\text{отн}} = a_2 - a_1 = 1$ м/с².

К моменту соскальзывания в относительном движении груз пройдет ровно половину длины доски: $\frac{l}{2} = \frac{a_{\text{отн}} t^2}{2}$ и время движения $t = \sqrt{\frac{l}{a_{\text{отн}}}} = \sqrt{2}$ с.

Тогда искомая скорость доски равна $V_o = a_2 t = 3\sqrt{2} \approx 4,2$ м/с.

Ответ: $V_o = 4,2$ м/с.

29] Горизонтальный теплоизолированный цилиндр разделён легкоподвижным теплопроводящим поршнем на две части. В одной части цилиндра находится гелий, а в другой – аргон. В начальный момент температура гелия в три раза выше, чем у ар-

гона $T_1 = 3T_2$. Объёмы, занимаемые газами вначале, одинаковы, а поршень находится в равновесии. Во сколько раз изменится объём, занимаемый аргоном, после установления теплового равновесия? Теплоёмкостью цилиндра и поршня пренебречь.

Решение.

Для каждого из газов справедливо уравнение Менделеева-Клапейрона. Для начальных и для конечных состояний, соответственно: $p_0V_0 = \nu_1RT_1$ и $p_0V_0 = \nu_2RT_2$, $pV_1 = \nu_1RT$ и $pV_2 = \nu_2RT$, где p_0 и V_0 – начальные и равные давления (поскольку поршень легкоподвижный) и объём, p и T – конечные и равные давление и температура, ν_1 и ν_2 – число молей газа. Если приравнять первые два уравнения и поделить два последних, то получим: $\nu_2T_2 = \nu_1T_1$ и $\frac{V_2}{V_1} = \frac{\nu_2}{\nu_1}$. Исключая из

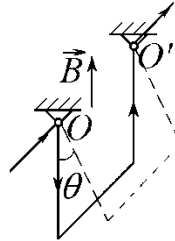
уравнений количество газа, находим $\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_1}{T_2} = 3$ или $V_2 = 3V_1$.

Сумма объёмов частей остается неизменной: $V_0 + V_0 = V_1 + V_2$.

Тогда искомое отношение объёмов: $\frac{V_2}{V_0} = 1,5$ – увеличился в полтора раза.

Ответ: увеличится в 1,5 раза.

30 Медный провод с площадью поперечного сечения $S = 2,5 \text{ мм}^2$, согнутый в виде трех сторон квадрата, может поворачиваться вокруг горизонтальной оси OO' . Провод находится в однородном вертикально направленном магнитном поле с индукцией $B = 10 \text{ мТл}$. На какой максимальный угол отклонится провод, если в нем мгновенно включить ток $I = 8 \text{ А}$?

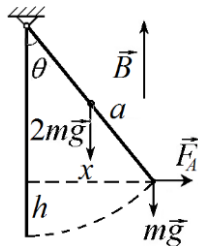


Решение.

Направление тока на рисунке показано стрелками. Направляя силы Ампера, действующие на три стороны провода, заметим, что силы для боковых сторон лежат в плоскости квадрата и не могут привести к его движению, тогда как сила, действующая на нижнюю сторону, заставит его отклониться от вертикали. Последняя сила имеет постоянное горизонтальное направление и величину.

При отклонении сила тяжести будет оказывать противодействие и, вообще говоря, в системе возникают колебания. В начальном положении рамка покоилась, при максимальном отклонении она также оказывается в состоянии покоя (на «мгновение»), тогда по закону изменения кинетической энергии системы: $\Delta E_{кин} = A_1 + A_2 + \dots$ сумма работ действующих сил должна быть равна нулю: $A_1 + A_2 = 0$.

Работали две силы: сила тяжести и сила Ампера (на рисунке вид сбоку).



Для силы Ампера, учитывая постоянство направления и величины: $A_1 = F_A \cdot x = IBa \cdot a \sin \theta = IBa^2 \cdot \sin \theta$, где x – смещение нижней стороны вправо.

Для силы тяжести, записав $m = \rho Sa$ – масса одной стороны (ρ – плотность меди), получим: $A_2 = -mg \cdot h - 2mg \cdot \frac{h}{2} = -2mgh = -2mg \cdot (a - a \cos \theta) = -2\rho gSa^2 \cdot (1 - \cos \theta)$, поскольку обе боковые стороны приподнимаются (надо следить за центром тяжести) на половину высоты.

Подставляя работы в закон: $IBa^2 \cdot \sin \theta - 2\rho gSa^2 \cdot (1 - \cos \theta) = 0$.

По формулам двойного угла: $\sin \theta = 2 \sin \frac{\theta}{2} \cdot \cos \frac{\theta}{2}$ и $\cos \theta = 1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$.

Тогда $tg \frac{\theta}{2} = \frac{IB}{2\rho gS} = 0,18$ или $\theta \approx 20^\circ$.

Ответ: 20° или 2·arctg(0,18).

31 Электромагнитное излучение в микроволновой печи с длиной волны 2 мм используется для нагревания воды. Какую массу воды можно нагреть за 1 минуту на 10 °С, если источник излучает 10^{22} фотонов за 1 с, а поглощается примерно 80% испущенных фотонов?

Решение.

Пусть E – энергия излучения, а Q – количество теплоты, полученное водой при нагревании, тогда $Q = \eta E$, где η – доля поглощенного излучения. Если за 1 с излучается N фотонов, то $E = N \cdot \tau \cdot E_\phi$, где $E_\phi = \frac{hc}{\lambda}$ – энергия одного фотона, а τ – время излучения в секундах.

Для количества теплоты справедливо $Q = Cm\Delta T$, где C – удельная теплоемкость воды, m – ее масса, ΔT – изменение температуры.

Составим все части выражения вместе: $Cm\Delta T = N\tau \cdot \frac{hc}{\lambda}$. Теперь несложно получить искомую массу: $m = \frac{N\tau hc}{C\lambda\Delta T} \approx 1,15 \cdot 10^{-3} = 1,15 \text{ г}$.

Ответ: 1,15 г.