



**ФГБОУ ВО «АЛТАЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**
**ИНСТИТУТ ЦИФРОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ, ЭЛЕКТРОНИ-
КИ И ФИЗИКИ**

Пробный вариант для проведения
в 2023 году ЕГЭ по ФИЗИКЕ

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ
Часть 1

- 1 На рисунке показан график зависимости проекции v_x скорости тела от времени t . С каким максимальным ускорением двигалось тело в интервале времени от 0 до 9 с? В ответе приведите модуль ускорения.

Решение.

Как следует из графика в движении тела можно выделить три разных участка.

На первом участке (от $t_0 = 0$ с до $t_1 = 2$ с) скорость тела постоянна, поэтому ускорение отсутствует: $a_1 = 0$.

На втором участке (от $t_1 = 2$ с до $t_2 = 5$ с) скорость тела уменьшается, проекция ускорения равна: $a_{2x} = \frac{\Delta v_x}{\Delta t} = \frac{-20}{3} = -6,67 \text{ м/с}^2$.

На третьем участке (от $t_2 = 5$ с до $t_3 = 9$ с) скорость тела возрастает, проекция ускорения равна: $a_{3x} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ м/с}^2$.

Из трех значений выбираем максимальное по модулю: $a_{\max} = 7,5 \text{ м/с}^2$.

Ответ: 7,5 м/с².

- 2 В некоторой инерциальной системе отсчёта сила F сообщает телу массой $m = 12$ кг ускорение a . Чему равна масса другого тела, если под действием силы $2F$ оно приобретает в этой системе отсчёта ускорение $3a$?

Решение.

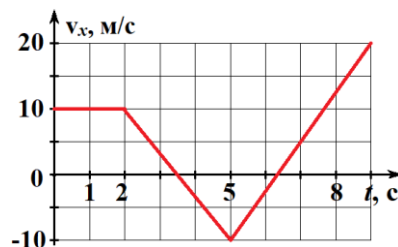
По второму закону Ньютона масса тела (m), его ускорение (a) и действующая сила (F) связаны соотношением: $F = ma$.

Для тела массы M аналогичное уравнение имеет вид: $2F = 3Ma$.

Если первое равенство умножить на 2, то правые части уравнений можно приравнять: $2ma = 3Ma$.

Окончательно: $M = 2m/3 = 8$ кг.

Ответ: 8 кг.



- 3 К потолку прикреплена легкая пружина длиной $l_0 = 25$ см. К другому концу пружины прикрепили груз массой $m = 200$ г, и длина пружины стала равна $l = 30$ см. Какова потенциальная энергия пружины в конечном состоянии?

Решение.

В конечном положении две силы, действующие на груз, уравнивают друг друга: $mg = F_{\text{упр}} = k(l - l_0)$. Потенциальную энергию деформированной пружины

можно определить по формуле: $E_p = \frac{k(l - l_0)^2}{2}$.

Заменяя часть выражения, находим: $E_p = \frac{mg(l - l_0)}{2} = \frac{0,2 \cdot 10 \cdot (0,30 - 0,25)}{2} = 0,05$ Дж.

Ответ: 0,05 Дж.

- 4 Небольшой груз, покоящийся на гладком горизонтальном столе, соединён пружиной со стенкой. Грузу мгновенно сообщают скорость v_0 , после чего он начинает колебаться, двигаясь вдоль оси пружины, параллельно которой направлена ось Ox . В таблице приведены значения проекции скорости груза v_x в различные моменты времени t . Выберите все верные утверждения о результатах этого опыта на основании данных, содержащихся в таблице. Абсолютная погрешность измерения: $\Delta v_x = 0,5$ см/с, $\Delta t = 0,05$ с.

t , с	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
v_x , см/с	50	43	25	0	-25	-43	-50	-43	-25	0

- 1) В момент времени 1,2 с ускорение груза максимально.
- 2) В момент времени 0,6 с кинетическая энергия груза максимальна.
- 3) Модуль силы, с которой пружина действует на груз, в момент времени 1,0 с меньше, чем в момент времени 0,4 с.
- 4) Амплитуда колебаний груза равна примерно 19 см.
- 5) Частота колебаний груза равна 0,5 Гц.

Решение.

Поскольку груз начинает движение из положения равновесия, то зависимость от времени координаты и скорости имеют вид: $x(t) = A \sin(\omega t)$, $v_x(t) = v_m \cos(\omega t)$, где ω – круговая частота колебаний, A – амплитуда, $v_m = A\omega$ – максимальная скорость груза.

По второму закону Ньютона: $ma_x = F_x = -kx$. Значит, максимальное ускорение соответствует максимальному смещению. В момент времени 1,2 с максимальна скорость, значит, координата, а с ней и ускорение, равно нулю. Утверждение 1 не верно.

В момент 0,6 с скорость равна нулю, значит и кинетическая энергия тоже равна нулю. Утверждение 2 не верно.

Модуль силы пропорционален модулю смещения. Поскольку в момент 0,4 с скорость меньше (по модулю), чем в 1,0 с, то смещение, напротив, больше. Тогда модуль силы тоже больше и утверждение 3 верно.

Из таблицы значений находим период колебаний: $T = 2,4$ с. Тогда для амплитуды колебаний: $A = \frac{v_m}{\omega} = \frac{v_m T}{2\pi} = \frac{50 \cdot 2,4}{2 \cdot 3,14} = 19$ см. Утверждение 4 верно.

Частота колебаний равна: $\nu = 1/T = 0,417$ Гц. Тогда утверждение 5 не верно.

Ответ: 34 или 43.

- 5] Ракета взлетает из точки старта вертикально вверх с постоянным ускорением. Как изменяются с течением времени в процессе разгона её потенциальная энергия в поле тяжести земли и вес тел, находящихся в ракете? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличивается, 2) уменьшается, 3) не изменяется. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться. Изменение силы тяжести в процессе разгона не учитывать.

Потенциальная энергия	Вес тел, находящихся в ракете

Решение.

По условию изменение силы тяжести в процессе разгона учитывать не надо. Это означает, что для потенциальной энергии можно использовать выражение $E_p = mgh$, где h – высота, на которой находится ракета. Поскольку высота увеличивается при взлете, то потенциальная энергия возрастает (цифра 1).

Вес тела – это сила, с которой тело давит на опору или растягивает подвес. Система отсчета, связанная с ракетой, является неинерциальной. Поэтому в ней вес тела (с учетом направления движения) больше чем сила тяжести и равен: $P = m(a + g)$, где a – модуль ускорения ракеты. В процессе разгона, учитывая постоянство ускорения и независимость силы тяжести от высоты, получим $P = \text{const}$ (цифра 3).

Ответ: 13.

- 6] Груз массы m лежит на горизонтальной шероховатой поверхности. Коэффициент трения между грузом и плоскостью равен μ . Ему сообщают горизонтальную начальную скорость v_0 . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение груза, и формулами, выражающими их зависимость от времени. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) время движения груза до остановки	1) $\frac{mv_0^2}{2}$
Б) работа силы трения до остановки	2) $\frac{v_0}{\mu g}$
	3) $-\frac{mv_0^2}{2}$
	4) $\frac{v_0}{\mu g}$

Решение.

На груз, движущийся по поверхности, действуют три силы: сила тяжести (mg), сила трения ($F_{\text{тр}}$) и сила нормальной реакции опоры (N). Если направить ось в направлении скорости, то при движении по горизонтальной поверхности ускорение тела будет равно: $a_x = -\mu g$. Для равноускоренного движения верно: $v_x = v_{0x} + a_x t$. В момент

остановки $v_x = 0$, тогда время движения: $t = -\frac{v_0}{a_x} = \frac{v_0}{\mu g}$.

По теореме об изменении кинетической энергии: $E_k - E_{k0} = A$. Конечная кинетическая энергия равна нулю (тело остановилось), работу совершала только сила трения,

значит: $A_{\text{тр}} = -E_{k0} = -\frac{mv_0^2}{2}$.

Ответ: 43.

- 7] Цилиндрический сосуд разделён неподвижным теплопроводящим поршнем на две части. В одной части сосуда объема $4V$ находится аргон, в другой объема $2,5V$ – неон. Концентрация молекул газов одинакова. Определите отношение внутренней энергии аргона к внутренней энергии неона в состоянии термодинамического равновесия.

Решение.

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа может быть найдена по формуле: $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT$, где $N = nV$ – число частиц, n – концентрация.

Перегородка между отсеками сосуда теплопроводящая, значит в них одинаковые температуры. Концентрации газов одинаковы. Поэтому отношение внутренних энергий равно отношению объемов: $U_2 / U_1 = V_2 / V_1 = 1,6$.

Ответ: 1,6.

- 8] Температура заготовки из меди повысилась с 200°C до 420°C . При этом заготовка получила количество теплоты, равное 550 кДж. Чему равна масса меди?

Решение.

Количество теплоты, которое получила медная заготовка, может быть найдена по формуле: $Q = cm\Delta t$. Из этой формулы и определим искомую массу меди:

$$m = \frac{Q}{c\Delta t} = \frac{550000}{500 \cdot (420 - 200)} = 5 \text{ кг.}$$

Ответ: 5 кг.

- 9] В ходе изобарного процесса некоторое количество гелия получило 30 кДж теплоты. Какая работа при этом была совершена газом?

Решение.

Работа газа в изобарном процессе: $A = p\Delta V = \nu R\Delta T$. Изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа равно: $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R\Delta T$.

По первому закону термодинамики: $Q = A + \Delta U$.

Тогда: $Q = \frac{5}{2} \nu R\Delta T = 2,5A$ или $A = 0,4Q = 12$ кДж.

Ответ: 12 кДж.

- 10] В жёстком герметичном сосуде объёмом 1 м^3 при температуре 283 К длительное время находился влажный воздух и 150 г воды. Сосуд медленно нагрели до температуры 360 К . Пользуясь таблицей давления насыщенных паров воды, выберите все верные утверждения о результатах этого опыта.

$t, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\rho, \text{ г/м}^3$	9,4	17,3	30,3	51,2	83,0	130	198	293	424	598

- 1) При температуре 300 К влажность воздуха в сосуде была равна 100% .
- 2) В течение всего опыта в сосуде находилась вода в жидком состоянии.
- 3) Парциальное давление сухого воздуха в сосуде не изменялось.

- 4) При температуре 333 К пар в сосуде был насыщенный.
 5) Давление пара в ходе опыта выросло более чем в 20 раз.

Решение.

Поскольку в сосуде сначала была вода, то пар был насыщенный, и масса пара была равна: $m_{п0} = \rho_{нас}(T_0)V = \rho_{нас}(283)V = 9,4$ г. Давление пара в начальном состоянии равно: $p_{п0} = \frac{\rho RT}{\mu} = \frac{9,4 \cdot 8,31 \cdot 283}{18} = 1197$ Па $\approx 1,2$ кПа.

Суммарная масса воды в сосуде: $m_{в} = m_{п0} + m_{в0} = 159,4$ г. При температуре 300 К плотность насыщенного пара меньше, чем при 303 К (30 °С), которая равна 30,3 г/м³. Для насыщенного пара в объеме 1 м³ требуется 30,3 г, значит пар насыщенный, влажность 100 % и утверждение 1 верно.

В конечном состоянии температура 360 К, что соответствует 87 °С. Плотность насыщенного водяного пара при 80 °С равна $\rho_{нас}(353) = 293$ г. Для насыщенного пара в объеме 1 м³ требуется 293 г, значит вся вода испарится, пар станет ненасыщенным и утверждение 2 неверно.

В рамках теории идеальных газов в смеси компоненты друг от друга независимы. Поэтому находящийся внутри сосуда «сухой» воздух подчиняется закону Шарля – давление в изохорном процессе растет прямо пропорционально абсолютной температуре. Значит, утверждение 3 неверно.

При 333 К (60 °С), плотность насыщенного пара равна 130 г/м³. Для насыщенного пара в объеме 1 м³ требуется 130 г, значит пар насыщенный и утверждение 4 верно.

В конечном состоянии пар ненасыщенный, поэтому его давление можно найти из уравнения Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$, откуда:

$$p = \frac{m_{в} RT}{\mu V} = \frac{159,4 \cdot 8,31 \cdot 360}{18 \cdot 1} = 26492 \text{ Па} \approx 26,5 \text{ кПа.}$$

Сравнение с начальным значением показывает, что давление выросло в 22 раза: утверждение 5 верно.

Ответ: 145 (или в другом порядке).

- 11) В сосуде неизменного объема находилась при температуре T смесь двух идеальных газов, по 2 моль каждого. Половину содержимого сосуда выпустили, а затем добавили в сосуд 1 моль второго газа. Абсолютная температура смеси в ходе опыта возросла до $1,5T$. Как изменились в результате парциальное давление первого газа и суммарное давление смеси газов? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличилось, 2) уменьшилось, 3) не изменилось. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Парциальное давление первого газа	Суммарное давление смеси газов

Решение.

Половину газа выпустили, значит, в сосуде осталось по 1 моль каждого. После добавки получаем, что количество второго газа стало прежним, а первого осталось в 2 раза меньше. Температура возросла в 1,5 раза, поэтому парциальное давление первого газа составляет 75 % от начального значения (уменьшилось).

Суммарное давление газовой смеси увеличилось, что видно из сравнения выражений: $p_0 = \frac{(v_{10} + v_{20})RT}{V} = \frac{4RT}{V}$ и $p = \frac{(v_1 + v_2)R \cdot 1,5T}{V} = \frac{4,5RT}{V} > p_0$.

Ответ: 21.

- 12) Два небольших металлических шарика разного диаметра, имеющие заряды $q_1 = +12$ нКл и $q_2 = -2$ нКл взаимодействуют с силой F . Шарик привели в соприкосновение, а затем раздвинули на прежнее расстояние. При этом модуль силы взаимодействия не изменился. Каким стал заряд большего шарика?

Решение.

Заряды шариков взаимодействуют согласно закону Кулона: $F = \frac{k |q_1 q_2|}{r^2}$. Если их привели в соприкосновение, то шарик обменялись зарядами при этом заряды стали одного знака. При соприкосновении у шариков стал одинаковым потенциал, поэтому больший шарик имеет больший заряд ($Q > q$).

По закону сохранения заряда получаем: $q + Q = q_1 + q_2 = 10$ нКл. Поскольку величина силы не изменилась, то $qQ = |q_1 q_2| = 24$ (нКл)².

Два полученных равенства приводят к квадратному уравнению, в котором нас интересует больший корень: $Q = 6$ нКл.

Ответ: 6 нКл.

- 13) Протон и α -частица влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции со скоростями $v_p = v$ и $v_\alpha = 2v$, соответственно. Определите отношение модулей ускорений $a_p : a_\alpha$, с которыми частицы движутся в магнитном поле.

Решение.

В магнитном поле на движущийся электрический заряд действует сила Лоренца, которая сообщает заряду центростремительное ускорение. Согласно II закону Ньютона: $ma = F_{л} = qvB$. Тогда: $a = \frac{qvB}{m}$.

Масса и заряд протона и α -частицы равны, соответственно: $m_p = 1$ а.е.м., $m_\alpha = 4$ а.е.м., $q_p = e$, $q_\alpha = 2e$ (e – элементарный заряд). Подставляя эти значения, а также выражения для скоростей из условия задания, находим: $a_p = a_\alpha$.

Следовательно, искомое соотношение: $a_p : a_\alpha = 1$.

Ответ: 1.

- 14) Конденсатор, заряженный до разности потенциалов U_0 , в первый раз подключили к катушке с индуктивностью $L_1 = 4L$, а во второй – к катушке с индуктивностью $L_2 = 9L$. В обоих случаях в получившемся контуре возникли незатухающие электромагнитные колебания. Каково отношение максимальных значений силы тока в цепи $I_{1\max}/I_{2\max}$ при этих колебаниях?

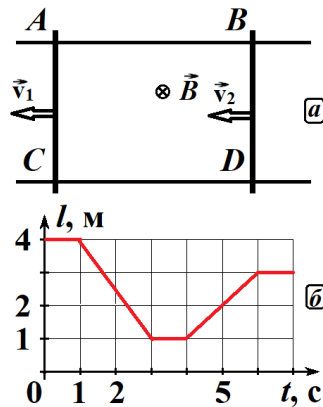
Решение.

При незатухающих колебаниях в ходе процесса энергия непрерывно переходит из конденсатора в катушку и обратно. В момент максимума тока вся энергия колебаний

оказывается в катушке индуктивности. Значит, эта энергия для обеих катушек будет одинакова: $W_0 = W_{L1\max} = W_{L2\max}$.

Тогда: $\frac{L_1 I_{1\max}^2}{2} = \frac{L_2 I_{2\max}^2}{2}$, откуда $\frac{I_{1\max}}{I_{2\max}} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = 1,5$.

Ответ: 1,5.



15) На гладких параллельных горизонтальных проводящих рельсах, расположены два тонких одинаковых проводящих стержня. Образовавшийся контур ABCD находится в однородном вертикальном магнитном поле с индукцией B (рис. а). При одновременном движении проводников расстояние между ними изменяется так, как показано на графике (рис. б). Выберите все верные утверждения, соответствующие приведённым данным и описанию опыта.

- 1) В течение всего опыта по контуру течет индукционный ток.
- 2) В интервале времени от 1 до 3 с индукционный ток максимален.
- 3) В момент времени $t = 2$ с индукционный ток течет по часовой стрелке.
- 4) Максимальная ЭДС наводится в контуре в интервале времени от 0 до 1 с.
- 5) Силы Ампера, действующие на стержни в момент времени 5 с, направлены противоположно друг другу.

Решение.

При относительном движении стержней изменяется площадь контура ABCD, что и приводит к возникновению индукционного тока. Из рисунка видно, что в ходе опыта были интервалы времени, когда расстояние между стержнями не изменялось. Значит, ток в контуре был не всегда, утверждение 1 не верно.

Сила индукционного тока в цепи прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока. Из графика несложно заметить, что быстрее всего расстояние между стержнями изменялось на интервале от 1 с до 3 с, что соответствует максимальному току. Утверждение 2 верно.

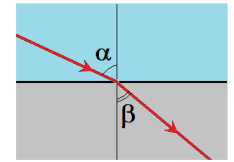
В момент $t = 2$ с расстояние между стержнями сокращалось, и площадь контура уменьшалась. Значит, по правилу Ленца магнитное поле индукционного тока сонаправлено (внутри контура) с внешним полем. Закручивая буравчик по правилу правой руки, определяем, что ток течет в этот момент по часовой стрелке: утверждение 3 верно.

На интервале от 0 с до 1 с расстояние между стержнями не изменяется, значит индукционного тока нет и утверждение 4 не верно.

Легко заметить, что при протекании тока по стержням направления токов противоположны. Соответственно, и силы Ампера, действующие на стержни, направлены противоположно друг другу. В момент $t = 5$ с расстояние между стержнями изменяется, значит, индукционный ток есть и утверждение 5 верно.

Ответ: 235.

16) Плоская световая волна переходит из воды в стекло (см. рис.). Что происходит при этом переходе с частотой колебаний электромагнитного поля в световой волне и со скоростью распространения, если $\alpha = 65^\circ$ и $\beta = 50^\circ$? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличивается, 2) уменьшается, 3) не изменится. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.



Частота колебаний электромагнитного поля	Скорость распространения

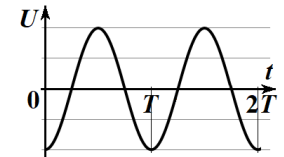
Решение.

При переходе из одной среды в другую частота колебаний волны (или ее период) не изменяется, иначе на границе раздела сред мы получим, что колебания либо разрываются, либо накапливаются.

Поскольку угол уменьшился, то из закона преломления следует, что абсолютный показатель преломления у второй среды больше, чем у первой. Значит, скорость волны уменьшилась.

Ответ: 32.

17) На рисунке приведён график зависимости напряжения на конденсаторе от времени в идеальном колебательном контуре. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ		ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
		1) заряд конденсатора 2) сила тока в катушке 3) энергия электрического поля конденсатора 4) энергия магнитного поля катушки

Решение.

Колебания заряда конденсатора и напряжения на нем протекают одинаково, поскольку $q = CU$. Сила тока опережает заряд по фазе на 90° , начинаясь из нуля. Поэтому график Б соответствует варианту 2.

График А отображает энергию, поскольку колебания происходят вдвое чаще. В нуле энергии максимальна, значит, это энергия конденсатора, что соответствует варианту 4.

Ответ: 42.

18) Ядро тория ${}^{223}_{88}\text{Th}$ может участвовать в кластерном распаде. При этом образуются ядро углерода ${}^{14}_6\text{C}$ и ядро химического элемента ${}^A_Z\text{X}$. Определите число нейтронов в ядре элемента X.

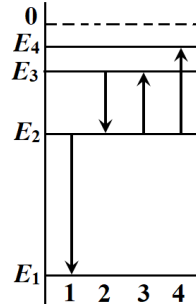
Решение.

Запишем ядерную реакцию: ${}^{223}_{88}\text{Th} \rightarrow {}^{14}_6\text{C} + {}^A_Z\text{X}$. По законам сохранения массового и зарядового чисел, получаем: $\left\{ \right.$

Число нейтронов в ядре элемента X равно: $N = A - Z = 127$.

Ответ: 127.

19) На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома водорода. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома. Какие из этих четырёх переходов связаны с поглощением фотона с энергией 2,55 эВ и с испусканием фотона с энергией 10,2 эВ? Установите соответствие между процессами поглощения и излучения света и энергетическими переходами атома, указанными стрелками. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Энергия на n -том уровне для атома водорода равна: $E_n = -13,6/n^2$ (эВ).



ПРОЦЕССЫ	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ	
А) поглощение фотона с энергией 2,55 эВ	1) 1	2)
Б) испускание фотона с энергией 10,2 эВ	3) 3	4)

Решение.

Излучение света соответствует переходам вниз, поглощение – переходам вверх. Поэтому для процесса А выбираем из ответов 3 или 4, а для процесса Б – 1 или 2.

Определим энергии уровней: $E_1 = -13,6$ эВ; $E_2 = -3,4$ эВ; $E_3 = -1,51$ эВ; $E_4 = -0,85$ эВ. Тогда энергии переходов: 1) $E_2 - E_1 = 10,2$ эВ; 2) и 3) $E_3 - E_2 = 1,89$ эВ; 4) $E_4 - E_2 = 2,55$ эВ.

Таким образом, верные ответы 4 и 1.

Ответ: 41.

20) Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) При увеличении массы груза математического маятника период его колебаний уменьшается.
- 2) Постоянный ток может течь только в замкнутой электрической цепи.
- 3) Скорость диффузии практически не зависит от температуры среды.
- 4) Частоты колебаний слышимого человеком звука и видимого человеком света одного порядка.
- 5) Корпускулярно-волновой дуализм свойствен и фотонам, и электронам.

Решение.

Период колебаний математического маятника определяется выражением:

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

и не зависит от массы груза. Утверждение 1 не верно.

При протекании постоянного тока заряды не могут нигде накапливаться, поскольку через любое сечение цепи течет неизменный ток. Это возможно, только если они движутся по замкнутому контуру. Утверждение 2 верно.

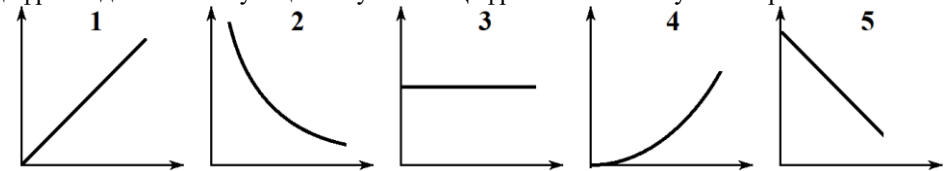
Диффузия это взаимное проникновение друг в друга и перемешивание разных веществ. Диффузия определяется тепловым движением молекул и агрегатным состоянием веществ, поэтому усиливается с ростом температуры. Утверждение 3 не верно.

Частоты колебаний слышимых звуков: от 20 Гц до 20 кГц. Длина волны видимого света: от 0,4 мкм до 0,8 мкм. Тогда частоты видимого света: $\nu = c/\lambda$, где $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме: от $3,75 \cdot 10^{14}$ Гц до $7,5 \cdot 10^{14}$ Гц. Утверждение 4 не верно.

Корпускулярно-волновой дуализм – свойство природы, состоящее в том, что материальные микроскопические объекты могут при одних условиях проявлять свойства классических волн, а при других – свойства классических частиц. Он наблюдается для всех элементарных частиц. Утверждение 5 верно.

Ответ: 25.

21) Даны следующие зависимости величин: А) зависимость центростремительного ускорения от радиуса окружности при равномерном движении; Б) зависимость давления газа от средней квадратической скорости движения молекул в изохорном процессе; В) зависимость электрической емкости конденсатора от диэлектрической проницаемости диэлектрика заполняющего конденсатор. Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Решение.

Центростремительное ускорение: $a = \frac{v^2}{R}$. Зависимость ускорения от радиуса R является гиперболической, что соответствует графику 2.

В изохорном процессе концентрация молекул газа не меняется, поэтому из формулы: $p = \frac{2}{3}nm_0v_{\text{ср.кв.}}^2$ следует, что это парабола, идущая из начала координат: график 4.

Электрическая ёмкость конденсатора может быть найдена по формуле: $C = \frac{\epsilon\epsilon_0S}{d}$, где ϵ – диэлектрическая проницаемость диэлектрика. Это прямая пропорциональность: график 1.

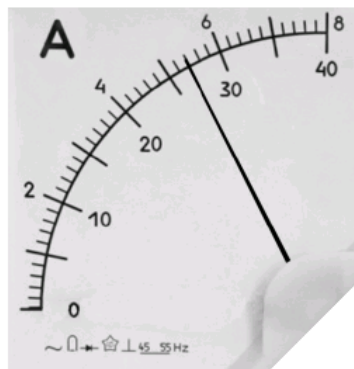
Ответ: 241.

- 22) Определите ток в цепи по фотографии шкалы амперметра (см. рис.), если погрешность прямого измерения силы тока равна половине цены деления амперметра, а измерения проводятся на диапазоне с максимальным током 8 А.

Решение.

По надписям шкалы находим, что это внешняя шкала, цена деления которой 0,2 В. Стрелка прибора указывает на значение 5,4 В. Значит, правильно записанные показания (измерение): $I = (5,4 \pm 0,1) \text{ А}$.

Ответ: 5,40,1.



- 23) Ученику необходимо на опыте обнаружить зависимость давления газа, находящегося в сосуде постоянного объема, от температуры газа. У него имеется пять различных сосудов с манометрами. Сосуды разного объема наполнены одним и тем же газом при различных температурах (см. таблицу). Какие два сосуда необходимо взять ученику, чтобы провести исследование? В ответе запишите номера выбранных сосудов.

№ сосуда	Температура газа, °С	Масса газа, г	Объем сосуда, л
1	10	2	3
2	20	4	2
3	30	5	5
4	40	4	2
5	10	3	3

Решение.

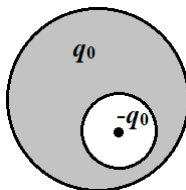
Для обнаружения зависимости давления от температуры требуется выбрать сосуды равного объема, с равными массами газа, но при различной температуре.

Под это описание подходят только строчки 2 и 4.

Ответ: 24.

Часть 2

- 24) В металлическом шаре располагается крупная шарообразная полость, заполненная воздухом. Центры шара и полости не совпадают. Шар находится в воздухе вдали от других предметов и несет положительный заряд q_0 . В центре полости находится отрицательный точечный заряд $(-q_0)$ (см. рис.). Нарисуйте картину линий напряжённости электростатического поля внутри полости, внутри проводника и снаружи шара. На рисунке отметьте расположение заряда на шаре. Если поле отсутствует, напишите в данной области: $E = 0$. Если поле отлично от нуля, нарисуйте картину поля в данной области, используя восемь линий напряжённости. Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



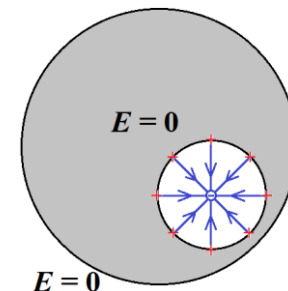
Решение.

Пространство в задаче можно разбить на три области: 1 – полость внутри шара, 2 – металл шара, 3 – пространство снаружи шара.

В первой области точечный заряд $(-q_0)$, расположенный в центре полости, создает в окружающем пространстве электростатическое поле. Это поле идет изотропно по всем направлениям, поэтому направим 8 линий напряженности через равные углы в 45° , которые будут сходиться к центру полости.

Во второй области внутри металла (проводника) электростатического поля быть не должно. Поскольку точечный заряд расположен в самом центре полости, то свободный заряд шара в количестве q_0 равномерно распределится по внутренней поверхности полости и, тем самым, скомпенсирует поле $E = 0$.

Поскольку сумма зарядов шара и полости равна нулю, то на внешней поверхности шара заряда не окажется, и в третьей области получим: $E = 0$.



Ответ: внутри полости поле изотропно, в остальных областях – отсутствует.

- 25) Плоская льдина постоянного сечения массой $m = 135 \text{ кг}$ плавает в пресной воде. Определите, на какую высоту льдина возвышается над водой, если площадь её поверхности (сечения) $S = 0,5 \text{ м}^2$.

Решение.

Сечение льдины постоянно, тогда ее объем равен $V = SH$, где H – толщина льдины.

Пусть льдина выступает на h из воды, тогда объем погруженной части равен $V_1 = S(H - h) = V - Sh$.

Условие плавания: равенство силы тяжести льдины и силы Архимеда, действующей на нее со стороны воды: $mg = F_A$ или $m = \rho_0(V - Sh)$, где ρ_0 – плотность воды. Пусть ρ – плотность льда, тогда $m = \rho V$.

$$\text{Окончательно: } h = \frac{m(\rho_0 - \rho)}{\rho \rho_0 S} = \frac{135 \cdot (1000 - 900)}{0,5 \cdot 1000 \cdot 900} = 0,03 \text{ м.}$$

Ответ: $h = \frac{m(\rho_0 - \rho)}{\rho \rho_0 S} = 3 \text{ см.}$

- 26) Точечный источник света находится на расстоянии $h = 2 \text{ см}$ от главной оптической оси (ГОО) тонкой собирающей линзы. Действительное изображение источника расположено на расстоянии $H = 8 \text{ см}$ от ГОО и на расстоянии $f = 1 \text{ м}$ от плоскости линзы. Определите оптическую силу линзы. Постройте ход лучей в линзе.

Решение.

Изобразим линзу, ее ГОО, а также положение изображения (точку). Проведем луч из изображения через центр линзы. Поскольку изображение действительное, то по другую сторону от ГОО относительно источника проведем параллельную ГОО прямую на расстоянии h . На пересечении луча и этой прямой находится источник – отметим его.

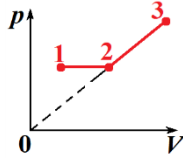
По условию известны расстояние от точечного источника и его изображения до ГОО, поэтому опустим перпендикуляры из этих точек к ГОО и рассмотрим два подобных треугольника. Пусть d – расстояние от предмета до изображения, тогда из

подобия находим (аналогичный результат можно получить, рассматривая увеличение линзы): $\Gamma = \frac{f}{d} = \frac{H}{h}$. Тогда $d = hf / H = 2 \cdot 1/8 = 0,25$ м.

Для нахождения оптической силы воспользуемся формулой тонкой линзы:

$$D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{0,25} + \frac{1}{1} = 5 \text{ дптр.}$$

Ответ: $D = \frac{H+h}{fh} = 5$ дптр.



27] Моль идеального одноатомного газа расширяется сначала изобарически, а затем в процессе с линейной зависимостью давления от объема. Известно, что $V_2/V_1 = V_3/V_2$. Найдите это отношение, если количество теплоты Q_{12} , подведенное к газу на участке 1–2, в 4 раза меньше величины работы A_{23} , совершенной газом на участке 2–3.

Решение.

Пусть искомое отношение равно x . Тогда объемы связаны соотношениями $V_2 = xV_1$, $V_3 = xV_2 = x^2V_1$.

Процесс 1-2 – изобара, поэтому $p_2 = p_1$. На участке 2-3 давление прямо пропорционально объему, поэтому $p_3 = xp_2 = xp_1$.

Работа в процессе 2-3 может быть найдена как площадь под графиком (прямоугольная трапеция): $A_{23} = \frac{1}{2}(p_3+p_2)(V_3-V_2) = \frac{1}{2} p_1 V_1 (x+1)(x^2-x)$.

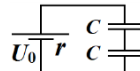
Количество теплоты, полученное газом в процессе 1-2 по первому закону термодинамики: $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12}$. Работу аналогично находим через площадь: $A_{12} = p_1(V_2-V_1) = p_1 V_1 (x-1)$. Для изменения внутренней энергии одноатомного идеального газа, с учетом уравнения Менделеева-Клайперона $pV = \nu RT$:

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} p_1 V_1 (x-1). \text{ Тогда } Q_{12} = \frac{5}{2} p_1 V_1 (x-1).$$

По условию: $4Q_{12} = A_{23}$. Тогда: $20(x-1) = (x+1)(x^2-x)$. Единственным корнем этого уравнения удовлетворяющим условию ($x > 1$), является $x = 4$.

Ответ: 4.

28] Два одинаковых воздушных конденсатора емкости $C = 10$ мкФ каждый соединены последовательно и подключены к аккумулятору с ЭДС равной $U_0 = 12$ В (см. рис.). Затем один из них, не разрывая цепь, опустили в масло с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 3$. Какое количество теплоты выделилось при этом на внутреннем сопротивлении источника?



Решение.

Сначала емкость системы равна $C_0 = C/2$, поскольку конденсаторы соединены последовательно ($C_{\text{посл}}^{-1} = C_1^{-1} + C_2^{-1}$). Энергия запасенная конденсаторами: $W_0 = \frac{C_0 U_0^2}{2} = \frac{C U_0^2}{4}$. Заряд равен: $q_0 = C_0 U_0 = C U_0 / 2$.

После погружения одного из конденсаторов в масло его емкость увеличится до величины ϵC . Соответственно, изменится суммарная электрическая ёмкость, заряд и энергия конденсаторов: $C' = \frac{\epsilon C}{\epsilon + 1}$, $W = \frac{C' U_0^2}{2} = \frac{\epsilon C U_0^2}{2(\epsilon + 1)}$, $q = C' U_0 = \frac{\epsilon C U_0}{\epsilon + 1}$.

По закону сохранения энергии: $A_{\text{ист}} + W_0 = Q + W$, где $A_{\text{ист}} = U_0(q - q_0)$ – работа источника, Q – искомая теплота.

$$\text{Составляя все вместе, находим: } Q = \frac{\epsilon C U_0^2}{2(\epsilon + 1)} - \frac{C U_0^2}{4} = \frac{(\epsilon - 1) C U_0^2}{4(\epsilon + 1)}.$$

$$\text{Считаем: } Q = \frac{(3-1) \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2}{2(3+1)} = 0,36 \text{ мДж.}$$

Ответ: $Q = \frac{(\epsilon - 1) C U_0^2}{4(\epsilon + 1)} = 0,36$ мДж.

29] При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн $\lambda_1 = 0,45$ мкм и $\lambda_2 = 0,65$ мкм обнаружили, что соответствующие запирающие напряжения отличаются друг от друга в $n = 2$ раза. Найдите длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта.

Решение.

Запишем закон фотоэффекта (Эйнштейна): $E_\phi = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$, где для энергии фотона верно $E_\phi = \frac{hc}{\lambda}$, для работы выхода справедливо $A_{\text{вых}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{крас}}}$, а для кинетической

энергии: $E_{\text{кин}} = eU_{\text{зап}}$. Тогда: $\frac{hc}{\lambda_1} = A + eU_1$ и $\frac{hc}{\lambda_2} = A + eU_2$, причем $U_1 = nU_2$.

Умножим второе уравнение на n , и вычтем из полученного первое:

$$\frac{n}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} = \frac{n-1}{\lambda_{\text{крас}}}, \text{ откуда находим искомое:}$$

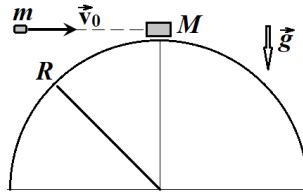
$$\lambda_{\text{крас}} = \frac{(n-1)\lambda_2\lambda_1}{n\lambda_1 - \lambda_2} = \frac{(2-1) \cdot 0,45 \cdot 0,65}{2 \cdot 0,45 - 0,65} = 1,11 \text{ мкм.}$$

Ответ: $\lambda_{\text{крас}} = \frac{(n-1)\lambda_2\lambda_1}{n\lambda_1 - \lambda_2} = 1,11$ мкм.

30] В верхней точке неподвижного гладкого шара радиусов $R = 2,5$ м размещен небольшой деревянный брусок массой $M = 207$ г (см. рис.). В брусок попадает и застревает в нём горизонтально летящая пуля. Минимальная скорость пули v_0 , при которой

брусок сразу после этого отрывается от поверхности шара и свободно летит, равна 120 м/с. Чему равна масса пули?

Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых при решении задачи.



Решение.

Задачу будем решать в инерциальной системе отсчета, связанной с поверхностью Земли. Брусок и пулю считаем материальными точками.

Время застревания пули считаем малым, поэтому действием внешних сил (тяжести, нормальной реакции опоры и трения) пренебрегаем и используем для решения задачи закон сохранения импульса.

В момент отрыва обращается в ноль сила реакции опоры.

Второй закон Ньютона выполняется в ИСО для модели материальной точки

Движение тела по поверхности шара до момента отрыва является движением по окружности. На тело при этом действуют две силы: сила тяжести (mg) и сила нормальной реакции опоры (N). По второму закону Ньютона в проекции на ось, направленную к центру шара по радиусу: $ma_{цс} = mg - N$, где $a_{цс} = v^2/R$ – центростремительное ускорение. Отрыв соответствует условию $N = 0$. Если он происходит сразу при некоторой минимальной скорости пули v_0 , то $v^2 = gR$, где v – скорость тела с пулей сразу после ее застревания.

Применим закон сохранения импульса: $mv_0 + 0 = (M + m)v$. Тогда искомая масса

$$\text{пули: } m = \frac{Mv}{v_0 - v} = M / \left(\frac{v_0}{\sqrt{gR}} - 1 \right) = 207 / \left(\frac{120}{\sqrt{10 \cdot 2,5}} - 1 \right) = 9 \text{ г.}$$

Ответ: $m = M / \left(\frac{v_0}{\sqrt{gR}} - 1 \right) = 9 \text{ г.}$