



ФГБОУ ВО «АЛТАЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ЦИФРОВЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ, ЭЛЕКТРОНИКИ
И ФИЗИКИ

Пробный вариант для проведения
в 2022 году ЕГЭ по ФИЗИКЕ

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ
Часть 1

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

- 1) Сила сопротивления среды, возникающая при движении тела сквозь газ или жидкость, обратно пропорциональна скорости движения тела.
- 2) Внутренняя энергия идеального газа зависит от его количества, температуры и структуры молекул.
- 3) Протекание тока по металлическому проводнику сопровождается выделением тепла.
- 4) Преломление света при переходе из одной среды в другую приводит к изменению частоты колебаний световой волны.
- 5) Переход электрона в атоме из основного состояния в возбужденное состояние сопровождается излучением фотона.

Решение.

С ростом скорости движения тела сквозь среду сила сопротивления возрастает, поэтому первое утверждение неверное.

Для идеального одноатомного газа внутренняя энергия может быть найдена по формуле $U = \frac{3}{2} \nu RT$, где ν – количество газа, T – абсолютная температура. Если газ состоит из двухатомных или многоатомных молекул, то вместо $3/2$ должно быть другое число. Поэтому второе утверждение **верное**.

Протекание тока по любому проводнику сопровождается выделением тепла, что отражено в законе Джоуля-Ленца: $Q = IUt$, где Q – количество теплоты, I – сила тока, U – напряжение, t – время протекания. Поэтому третье утверждение **верное**.

При переходе из одной среды в другую у волны меняется длина и скорость распространения, а период колебаний (частота) остается неизменным. Поэтому четвертое утверждение неверное.

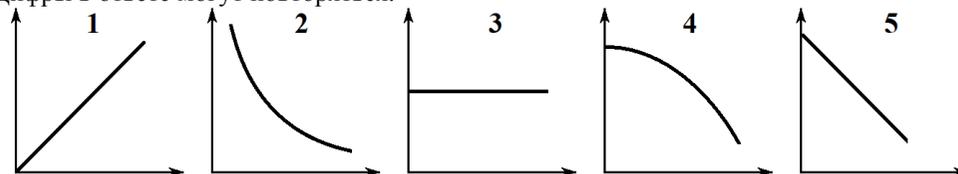
Излучением фотона сопровождается процесс перехода из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией. Переход электрона в атоме из основного состояния в возбужденное состояние сопровождается напротив поглощением фотона. Поэтому пятое утверждение неверное.

Ответ: 23 или 32.

□ Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость кинетической энергии тела, брошенного горизонтально, от высоты;
- Б) зависимость плотности идеального газа от температуры при изохорном нагревании;
- В) зависимость модуля импульса фотона от длины волны.

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.

По закону сохранения полной механической энергии $E = E_k + E_p = \text{const}$. Потенциальная энергия $E_p = mgh$, где h – высота. Тогда $E_k = E - mgh$, линейная зависимость с отрицательным тангенсом наклона к оси абсцисс, соответствующая графику 5.

По определению плотности $\rho = m/V$, где V – объем газа. Для постоянной массы газа ($m = \text{const}$) в изохорном процессе ($V = \text{const}$) плотность не изменяется. Искомой линией будет прямая, параллельная оси абсцисс. Такая зависимость показана на графике 3.

Зависимость модуля импульса фотона от длины волны имеет вид $p = h/\lambda$, где h – постоянная Планка. Такая связь называется обратной пропорциональностью и подобна гиперболу, приведенной на графике 2.

Ответ: 532

□ К потолку прикреплена легкая пружина длиной $l_0 = 20$ см жесткости $k = 50$ Н/м. К другому концу пружины прикрепили груз, и длина пружины стала равна $l = 23$ см. Какова масса груза?

Решение.

Пружина растягивается под весом груза и при равновесии сила упругости равна силе тяжести: $F_{\text{упр}} = mg$. Согласно закону Гука: $F_{\text{упр}} = k(l - l_0)$. Тогда искомая масса груза равна: $m = k(l - l_0)/g = 0,15$ кг или 150 г.

Ответ: 150 г

□ По гладкой горизонтальной поверхности движутся две одинаковые шайбы со скоростями $v_1 = 0,7$ м/с и $v_2 = 2,4$ м/с. Векторы скоростей шайб направлены перпендикулярно друг другу. После их соударения первая шайба остановилась. Найдите модуль скорости второй шайбы после удара.

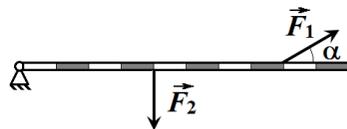
Решение.

Поверхность гладкая, следовательно, трения нет, на шайбы не действуют внешних горизонтальных сил и выполняется закон сохранения импульса. После удара первая шайба остановилась: $m\vec{v}_1 + m\vec{v}_2 = 0 + m\vec{v}$. По условию $\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$, тогда по т. Пифагора:

$$v = \sqrt{v_1^2 + v_2^2} = 2,5 \text{ м/с.}$$

Ответ: 2,5 м/с.

§ Невесомый стержень длиной $l = 20$ см одним концом закреплен шарнирно. На стержень действуют две силы (см. рис.). Одна из них, величиной $F_1 = 16$ Н, направлена под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Найдите величину второй силы (F_2), направленной вертикально вниз, если стержень находится в состоянии равновесия.

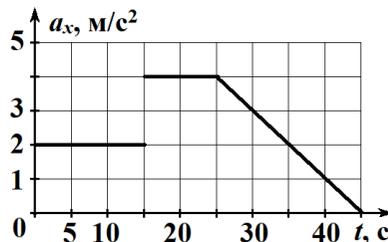


Решение.

По условию стержень находится в состоянии равновесия. В этом случае сумма моментов сил, приложенных к стержню, относительно шарнира равна нулю. Силу F_1 для удобства можно разложить на две проекции: $F_1 \sin \alpha$ направлена перпендикулярно стержню, а $F_1 \cos \alpha$ – параллельно стержню, причем ее линия действия проходит через шарнир. Реакции в шарнире и $F_1 \cos \alpha$ не имеют момента, поэтому, обозначив длину одного участка стержня за a , получим: $F_1 \sin \alpha \cdot 8a = F_2 \cdot 4a$. Откуда: $F_2 = F_1 = 16$ Н.

Ответ: 16 Н

§ В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой $m = 12$ кг. На рисунке приведён график зависимости проекции ускорения a_x этого тела от времени t . Начальная скорость движения $v_{0x} = 10$ м/с. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие данное движение тела. Запишите цифры, под которыми они указаны.



- 1) На участке от 25 с до 45 с тело двигалось равнозамедленно.
- 2) В момент времени $t = 10$ с скорость тела равна 30 м/с.
- 3) Кинетическая энергия тела за первые 15 с движения возросла в 9 раз.
- 4) Изменение импульса тела от 25 с до 45 с равно $\Delta p_x = 480$ Н·м.
- 5) В момент времени $t = 30$ с сумма сил, приложенных к телу, по модулю равна 36 Н.

Решение.

Из графика следует, что ускорение на участке от 25 с до 45 с равномерно снижалось, то есть не было постоянным. Поэтому первое утверждение неверное.

Первые 15 с тело двигалось с постоянным ускорением $a_{1x} = 2$ м/с². Зависимость скорости от времени можно найти из формулы: $v_x = v_{0x} + a_x t$. После подстановки числовых значений: $v_x = 10 + 2t$. В момент времени $t = 10$ с получаем $v_1 = 30$ м/с. Второе утверждение **верное**.

В конце первого участка скорость равна $v_2 = 40$ м/с. Это в 4 раза больше чем в начале движения. Кинетическая энергия может быть найдена по формуле $E_k = mv^2/2$. Значит, кинетическая энергия возросла в 16 раз и третье утверждение неверное.

Изменение импульса можно найти по формуле: $\Delta p_x = m \Delta v_x$. Поскольку ускорение на участке от 25 с до 45 с было не постоянным, то изменение скорости Δv_x можно найти как площадь под соответствующим участком на графике: $\Delta v_x = 40$ м/с. Изменение импульса равно $\Delta p_x = 480$ Н·м. Следовательно, четвертое утверждение **верное**.

Из графика следует, что в момент времени $t = 30$ с ускорение тела равно: $a_x = 3$ м/с². Тогда сумма сил, приложенных к телу, по модулю в соответствии со вторым законом Ньютона $F_x = ma_x$ равна 36 Н. Пятое утверждение **верное**.

Ответ: 245

§ На горизонтальном плоском дне аквариума лежит металлический брусок плотностью ρ_1 , полностью скрытый водой. Брусок заменили на другой брусок той же массы, но большей плотности ($\rho_2 > \rho_1$). Как при этом изменились действующая на брусок сила Архимеда и уровень воды в аквариуме? 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.

Сила Архимеда	Уровень воды в аквариуме

Решение.

На брусок действует сила Архимеда величиной $F_A = \rho_0 g V$, где ρ_0 – плотность воды, V – объем тела. Масса тела $m = \rho V$, где ρ – плотность тела.

Если заменить брусок другой равный по массе, но большей плотности, то объем такого бруска меньше. Следовательно, и сила Архимеда, и объем содержимого аквариума (а с ним и уровень воды) уменьшатся.

Ответ: 22

§ Груз массы m подвешен на нити длины l и совершает малые колебания вблизи положения равновесия так, что координата его центра изменяется со временем по закону $x(t) = A \cos \omega t$. 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) проекция импульса груза $p_x(t)$ | 1) $\frac{mA^2\omega^2}{2} \cos^2 \omega t$ | 2) $ml\omega \cos \omega t$ |
| Б) кинетическая энергия груза $E_k(t)$ | 3) $\frac{mgA^2}{2l} \sin^2 \omega t$ | 4) $-mA\omega \sin \omega t$ |

Решение.

Для импульса груза справедливо $p_x = mv_x$. Скорость можно найти по определению, как производную координаты по времени: $v_x' = (A \cos \omega t)' = -A\omega \sin \omega t$. Тогда проекция импульса груза равна $p_x(t) = -mA\omega \sin \omega t$.

Кинетическая энергия выражается через импульс в виде: $E_k = p_x^2 / (2m)$. Квадрат частоты колебаний математического маятника $\omega^2 = g/l$. Составляя выражение получаем:

$$E_k = \frac{mgA^2}{2l} \sin^2 \omega t.$$

Ответ: 43.

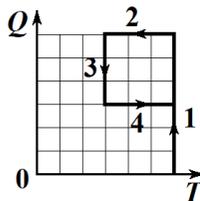
9] При уменьшении абсолютной температуры идеального одноатомного газа на 500 К среднеквадратическая скорость движения его молекул уменьшилась в 9 раз. Какова конечная температура газа?

Решение.

Среднюю квадратическую скорость молекул идеального газа можно найти по формуле: $v_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$. Поскольку температура пропорциональна квадрату скорости, то температура уменьшилась в $9^2 = 81$ раз. Если T – конечная температура (искомая величина), а T_0 – начальная температура, то они связаны равенством: $T_0 = 81T = T + 500$. Откуда $T = 500/80 = 6,25$ К.

Ответ: 6,25 К.

10] На рисунке справа приведен цикл Карно, совершаемый одноатомным идеальным газом. На каком участке цикла работа, совершенная над газом, положительна и равна изменению внутренней энергии газа?

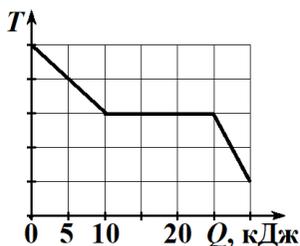


Решение.

Цикл Карно состоит из двух изотерм и двух адиабат. Согласно первого закона термодинамики: $\Delta U = Q + A'$, изменение внутренней энергии газа равно сумме количества теплоты, переданного газу, и совершенной над ним работы. Значит искомый участок адиабата. Если работа положительна, то и внутренняя энергия возрастает. Поскольку внутренняя энергия прямо пропорциональна абсолютной температуре (T), то следует выбрать участок 4.

Ответ: 4.

11] На рисунке слева показан график изменения температуры вещества, находящегося в закрытом сосуде, по мере отвода теплоты. Масса вещества равна 50 г. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота плавления вещества?



Решение.

Сначала вещество было жидким, значит единственный параллельный оси абсцисс участок соответствует отвердеванию вещества. Наклонные участки соответствуют охлаждению в разных агрегатных состояниях. С учетом формулы $Q = \lambda m$, взяв значения величины количества теплоты из графика: $\lambda = \frac{Q}{m} = \frac{15}{0,05} = 300$ кДж/кг – искомая удельная теплота плавления.

Ответ: 300 кДж/кг.

12] Сосуд разделён на две части пористой неподвижной перегородкой. Перегородка может пропускать атомы гелия и является непроницаемой для атомов неона. В начале в левой части сосуда объемом $V_1 = 0,5$ м³ содержится 12 г гелия, а в правой объемом $V_2 =$

$1,0$ м³ – 2 моля неона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной. Выберите все верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Число молекул газа в правой части сосуда в два раза больше, чем в левой части.
- 2) Концентрация гелия в обеих частях сосуда одинакова и равна $12 \cdot 10^{23}$ м⁻³.
- 3) Среднеквадратическая скорость у атомов неона больше, чем у атомов гелия.
- 4) Внутренняя энергия газов в сосуде в ходе установления равновесия не изменилась.
- 5) Парциальные давления гелия и неона в правой части сосуда одинаковы.

Решение.

Поскольку газы идеальные, а перегородка проницаема только для гелия, то неон останется в правой части, а гелий равномерно распределится по всему сосуду. Количество гелия $\nu_r = m_r/M_r = 3$ моль. Тогда в левой части будет 1 моль газа, а в правой – 4 моля (по 2 моля каждого газа). Тогда первое утверждение неверно.

Второе утверждение **верное**: $n_r = \nu_r N_A / (V_1 + V_2) = 12 \cdot 10^{23}$ м⁻³.

Средняя кинетическая энергия у молекул идеального газа равна $E_k = 3kT/2$. Молекулы неона тяжелее, поэтому будут иметь меньшее значение скорости, чем молекулы гелия. Третье утверждение неверно.

Внутренняя энергия определяется температурой и количеством вещества, которые не изменялись в ходе всего процесса. Следовательно, четвертое утверждение **верное**.

Количество и гелия, и неона в правой части, а значит и их концентрации, одинаково. Поэтому их парциальные давления одинаковы: $p = nkT$. Пятое утверждение **верное**.

Ответ: 245.

13] В цилиндре под поршнем находятся водяной пар и немного воды. Поршень опустили вниз, уменьшив объем занимаемый паром в 2 раза. Температура содержимого поддерживается постоянной. Как изменились при этом относительная влажность пара и масса воды в цилиндре? 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.

Относительная влажность пара	Масса воды

Решение.

По условию под поршнем находятся водяной пар и немного воды. Следовательно, пар является насыщенным. Температура при сжатии остается постоянной, значит пар остается насыщенным и его относительная влажность не изменяется, оставаясь равной 100%. Излишки пара при сжатии конденсируются, таким образом масса воды возрастает.

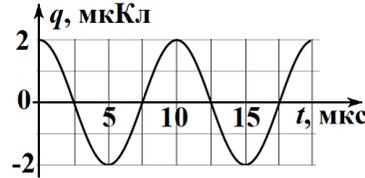
Ответ: 31.

14] Два одинаковых металлических шарика с зарядами $2q$ и $(-q)$ притягиваются друг к другу с силой 16 Н. С какой силой они станут отталкиваться друг от друга, если сначала привести их в соприкосновение, а затем развести на прежнее расстояние?

Решение.

Применим для решения задачи закон Кулона: $F = \frac{k |q_1 q_2|}{r^2}$. Начальная сила притяжения шариков: $F_0 = 2kq^2/r^2$. Если металлические шарики привести в соприкосновение, то их потенциалы выравниваются, а поскольку шарики одинаковые, то их заряды станут равными. По закону сохранения заряда: $q_1 + q_2 = q_1' + q_2'$, откуда $q_1' = q_2' = q/2$. Сила отталкивания шариков будет равна: $F = kq^2/4r^2 = F_0/8 = 2 \text{ Н}$.

Ответ: 2 Н.

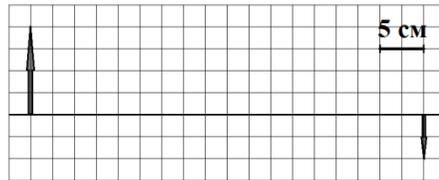


15] На рисунке приведена зависимость заряда конденсатора от времени при свободных электромагнитных колебаниях в идеальном колебательном контуре. Какой станет частота свободных колебаний силы тока в этом контуре, если конденсатор в нём заменить на другой, ёмкость которого в 2,25 раза меньше?

Решение.

Частота колебаний силы тока и заряда одинакова, поэтому определим искомое непосредственно из графика. Период колебаний исходной колебательной системы равен $T_0 = 10 \text{ мкс}$. Формула для периода колебаний в идеальном колебательном контуре: $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Если ёмкость конденсатора уменьшили в 2,25 раза, то период колебаний уменьшился в 1,5 раза: $T = T_0/1,5$. Учитывая определение частоты: $\nu = 1/T$, получаем, что она станет равна: $\nu = 1,5/T_0 = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Гц} = 150 \text{ кГц}$.

Ответ: 150 кГц.



16] На рисунке показаны предмет, его действительное изображение и главная оптическая ось тонкой собирающей линзы. Каково фокусное расстояние этой линзы?

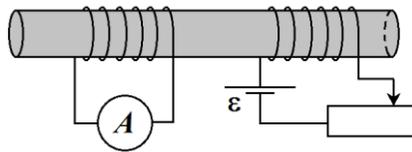
Решение.

Расстояние между предметом и его изображением равно $d + f = 45 \text{ см}$, где d – расстояние от предмета до линзы, f – расстояние от линзы до изображения. Размеры предмета и изображения отличаются в 2 раза. Значит увеличение системы равно $\Gamma = 2$ (или $\Gamma = 1/2$, что не влияет на ответ). Поскольку $\Gamma = fd$, то $f = 2d$ и $f = 30 \text{ см}$, $d = 15 \text{ см}$.

По формуле тонкой линзы получаем: $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \rightarrow F = \frac{df}{d+f} = 10 \text{ см}$.

Ответ: 10 см.

17] На сердечник намотаны две одинаковые катушки. Концы первой замкнуты на гальванометр, а вторая включена в цепь последовательно с источником и реостатом. Ползунок реостата плавно перемещают **влево**. Из приведённого ни-



же списка выберите все верные утверждения, описывающие этот процесс. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Ток через источник уменьшается.
- 2) Магнитная индукция в сердечнике направлена вправо.
- 3) Показания гальванометра до начала движения ползунка меньше его показаний после окончания движения.
- 4) Индукционный ток течёт по гальванометру слева направо.
- 5) ЭДС индукции при движении ползунка в обеих катушках одинакова.

Решение.

При смещении ползунка влево сопротивление реостата уменьшается. Сила тока в правом контуре в соответствии с законом Ома, возрастает. Поэтому первое утверждение неверно.

Если применить правило правой руки, то учитывая направление тока в правом контуре (по часовой стрелке), получаем направление вектора магнитной индукции в сердечнике вправо. Второе утверждение **верное**.

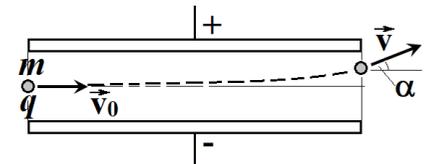
Гальванометр включен в левом контуре, источник в котором отсутствует. Поэтому показания гальванометра до начала движения ползунка и после окончания движения равны нулю. Третье утверждение неверно.

При возрастании тока в правом контуре увеличивается магнитное поле в сердечнике, а вместе с ним и индукционный поток. Тогда индукционный ток, который потечёт в левом контуре должен создать поле, направленное противоположно. Значит он потечёт против часовой стрелки и слева направо по гальванометру. Четвёртое утверждение **верное**.

Катушки одеты на общий сердечник и по условию одинаковы. Следовательно, их пронизывает одинаковый магнитный поток. Тогда при его изменении ЭДС индукции при движении ползунка в обеих катушках одинакова. Пятое утверждение **верное**.

Ответ: 245.

18] Частица массой m и зарядом q влетает со скоростью v_0 в конденсатор параллельно пластинам (см. рис.) и вылетает через время t со скоростью v . На конденсатор подано напряжение U . Как изменится скорость частицы v и время пролета t , если напряжение увеличить в 2 раза? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения: 1) увеличится, 2) уменьшится, 3) не изменится. Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.



Скорость частицы v	Время пролета t

Решение.

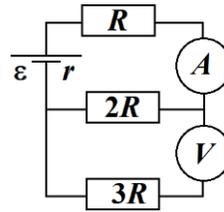
Направим вправо ось Ox . Поскольку электрическое поле конденсатора направлено сверху вниз (по рисунку), то скорость $v_x = v_0 = \text{const}$. Если l – длина пластин в направлении оси Ox , то время пролета не изменится: $t = l/v_x = \text{const}$.

Направим вверх ось Oy . На частицу действует сила величиной $F = |q|E = |q|U/d$, которая сообщает частице ускорение $a_y = F/m = |q|U/(dm)$. Это ускорение приводит к появлению у вылетевшей частицы проекции скорости $v_y = at_y$.

Модуль скорости частицы можно найти по теореме Пифагора: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$. При увеличении напряжения, приложенного к конденсатору, возрастает проекция скорости v_y , а значит и модуль скорости.

Ответ: 13.

19] На рисунке представлена схема электрической цепи. Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Считать измерительные приборы идеальными. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ	ФОРМУЛЫ
А) показания амперметра	1) $\frac{\varepsilon}{3R+r}$ 2) $\frac{\varepsilon R}{3R+r}$
Б) показания вольтметра	3) $\frac{2\varepsilon R}{3R+r}$ 4) $\frac{2\varepsilon}{3R+r}$

Решение.

Измерительные приборы идеальные, поэтому в ветви с вольтметром ток не течет, следовательно, резистор $3R$ можно вообще не учитывать (напряжение на нем по закону Ома равно нулю), вольтметр же показывает напряжение на резисторе $2R$.

Для верхнего контура по закону Ома для замкнутой цепи $I = \frac{\varepsilon}{2R + R + r} = \frac{\varepsilon}{3R + r}$, сила тока через амперметр (его показания).

Тогда вольтметр показывает напряжение: $U = 2IR = \frac{2\varepsilon R}{3R + r}$.

Ответ: 14.

20] Период полураспада одного из изотопов технеция-97 составляет 90 суток. Первоначально в образце содержалось 194 г этого изотопа. Сколько моль данного изотопа распадется за 180 дней?

Решение.

Молярная масса технеция-97, как следует из наименования, $M = 97$ г/моль. Количество вещества равно: $\nu = m/M = 2$ моль. Согласно закона радиоактивного распада для количества вещества (для числа молекул), которое остается нераспавшимся, верно: $\nu(t) = \nu_0 \cdot 2^{-t/T}$. Через время t останется: $\nu = \nu_0 \cdot 2^{-2} = \nu_0/4 = 0,5$ моль. Тогда распадется: $|\Delta\nu| = \nu_0 - \nu = 1,5$ моль.

Ответ: 1,5.

21] На поверхность металла падает оранжевый свет, вызывая фотоэффект. Запирающее напряжение, при котором фототок прекращается, в этом случае равно $U_{\text{зап}}$. Как изменятся модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$ и длина волны падающего излучения,

если от оранжевого света перейти к зеленому? 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.

Модуль запирающего напряжения $U_{\text{зап}}$	Длина волны падающего излучения

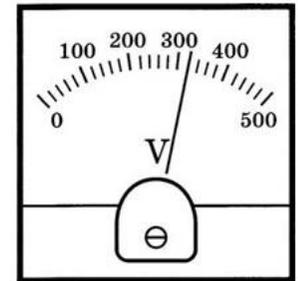
Решение.

Если от оранжевого света перейти к зеленому, то частота (ν) и энергия фотона ($E_{\text{ф}}$) возрастут, а длина волны (λ) уменьшится.

По закону фотоэффекта: $E_{\text{ф}} = A_{\text{вых}} + E_k$, где E_k – кинетическая энергия, $A_{\text{вых}}$ – работа выхода электрона из металла. Запирающее напряжение связано с кинетической энергией соотношением: $E_k = e U_{\text{зап}}$, где e – элементарный заряд (модуль заряда электрона). Поскольку работа выхода не изменилась, а энергия фотонов возросла, то модуль запирающего напряжения увеличился.

Ответ: 12

22] Определите напряжение в сети по фотографии шкалы вольтметра (см. рис.), если погрешность прямого измерения напряжения равна половине цены деления вольтметра.

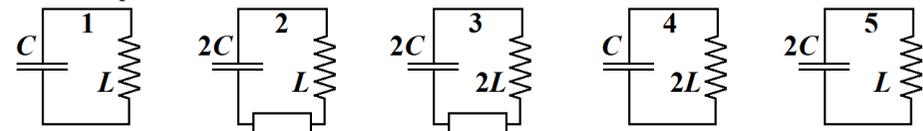


Решение.

Поскольку на фотографии шкалы вольтметра пять рисок отделяют деления кратные 100, то цена деления 20 В. Погрешность по описанию шкалы равна половине цены деления, тогда $\Delta U = 10$ В. Показания прибора $U = 320$ В. Тогда $U = (320 \pm 10)$ В.

Ответ: 32010.

23] Для экспериментальной проверки зависимости частоты колебаний тока в идеальном колебательном контуре от индуктивности катушки провели исследование. Какие две схемы следует использовать для проведения такого исследования (см. рис.)? В ответе указать номера схем.



Решение.

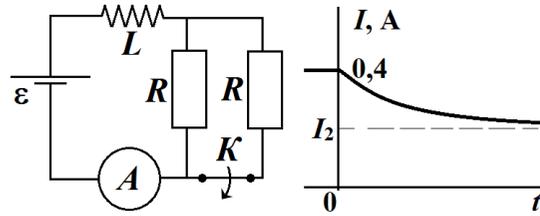
Поскольку проверяем зависимость частоты колебаний идеального колебательного контура от индуктивности катушки, то:

- а) не должно быть резистора (сопротивление равно нулю) – отбрасываем 2 и 3;
 - б) емкость конденсатора должна быть одинаковой – отбрасываем 5;
 - в) индуктивность катушки должна быть разной.
- Поэтому правильный ответ 14.

Ответ: 14 или 41

Часть 2

- 24] Катушка индуктивности L , батарейка с ЭДС ε и два одинаковых резистора сопротивления R соединены согласно схеме (см. рис.). В начальный момент ключ в цепи замкнут и амперметр показывает ток $I_1 = 0,4$ А. В момент времени $t = 0$ ключ размыкают, что приводит к изменениям силы тока, регистрируемым амперметром, как показано на рисунке. Основываясь на известных физических законах, объясните, почему при замыкании ключа сила тока плавно снижается до некоторого нового значения I_2 . Определите значение силы тока I_2 . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



Решение.

До размыкания ключа в цепи протекает постоянный ток. Индукционные явления в катушке отсутствуют, а напряжение на ней равно нулю. Учитывая, что резисторы соединены параллельно, по закону Ома для замкнутой цепи получаем:

$$I_1 = \varepsilon / (r + R/2) = 2\varepsilon / R = 0,4 \text{ А (по условию источник идеальный, то есть } r = 0).$$

После размыкания ключа сопротивление скачком возрастает в два раза (правый резистор оказывается выключенным из линии тока) и равновесие в цепи нарушается. Катушка индуктивности препятствует резким изменениям силы тока, создавая индукционную ЭДС ($\varepsilon_{\text{ин}} = -LI'$). Поэтому с этого момента ток начинает постепенно изменяться, переходя к новому значению.

Закон Ома в конечном состоянии имеет вид:

$$I_2 = \varepsilon / (r + R) = \varepsilon / R = I_1 / 2 = 0,2 \text{ А.}$$

Ответ: 0,2 А.

- 25] В последнюю секунду свободного падения тело прошло путь в $n = 1,4$ раза больший, чем в предыдущую. Найдите полное время падения T , если начальная скорость тела равна нулю.

Решение.

Запишем расстояния, которые тело прошло за T , $(T - \tau)$ и $(T - 2\tau)$ секунды, где $\tau = 1$ с. При движении без начальной скорости:

$$s(T) = gT^2/2, s(T - \tau) = g(T - \tau)^2/2, s(T - 2\tau) = g(T - 2\tau)^2/2.$$

Расстояния, пройденное телом за последнюю (s_1) и предпоследнюю (s_2) секунды:

$$s_1 = s(T) - s(T - \tau) = gT^2/2 - g(T - \tau)^2/2 = g(2T - \tau)/2;$$

$$s_2 = s(T - \tau) - s(T - 2\tau) = g(T - \tau)^2/2 - g(T - 2\tau)^2/2 = g(2T - 3\tau)/2.$$

По условию эти расстояния отличаются в n раз:

$$s_1 = ns_2, 2T - \tau = n(2T - 3\tau).$$

Из последнего уравнения легко находится искомое время:

$$T = \tau \cdot \frac{3n - 1}{2n - 2} = 4 \text{ с.}$$

Ответ: 4 с.

- 26] На рассеивающую линзу падает сходящийся пучок лучей. После прохождения линзы лучи пересекаются в точке, лежащей на расстоянии $d = 15$ см от линзы. Если линзу убрать, то точка пересечения лучей переместится на $l = 5$ см ближе к оправе, в которой находилась линза. Определить фокусное расстояние линзы.

Решение.

Применим для решения задачи формулу тонкой линзы. По условию на нее падают сходящиеся лучи, что можно представить, как источник расположенный справа. Тогда «расстояние» от предмета до линзы: $-(d - l)$. Расстояние от линзы до изображения равно d . Если F – фокусное расстояние линзы, то:

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{d - l} + \frac{1}{d} \rightarrow F = -\frac{(d - l)d}{l} = -30 \text{ см.}$$

Верный ответ можно получить и с помощью графического решения.

Ответ: -30 см.

- 27] Один моль идеального одноатомного газа совершает замкнутый цикл, состоящий из двух изобар и двух изохор. Работа газа в цикле равна $A = 200$ Дж. Максимальная и минимальная температуры газа в цикле отличаются на $\Delta T = 60$ К, отношение давлений на изобарах равно $n = 2$. Найти отношение объемов газа на изохорах.

Решение.

Изобразим цикл на графике и пронумеруем точки. Значения давления и объема в точке 1 обозначим как p_0 и V_0 . Пусть искомое отношение объемов газа на изохорах равно k . Используем уравнение Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$. Максимальная температура в точке 3, минимальная в точке 1, тогда их разность:

$$\nu R \Delta T = \nu R(T_3 - T_1) = p_0 V_0 (nk - 1).$$

Работа газа в цикле соответствует площади прямоугольника, которым он изображается:

$$A = p_0 V_0 (n - 1)(k - 1).$$

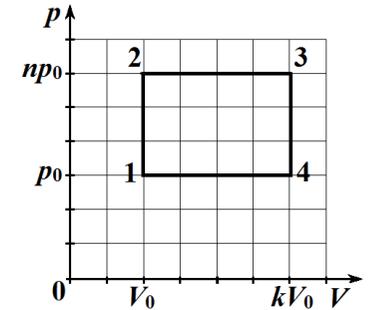
Исключая произведение давления и объема, получаем:

$$\nu R \Delta T (n - 1)(k - 1) = A(nk - 1).$$

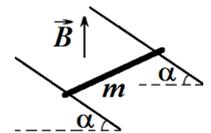
Выражаем искомую величину:

$$k = \frac{\nu R \Delta T (n - 1) - A}{\nu R \Delta T (n - 1) - nA} = 3.$$

Ответ: 3.

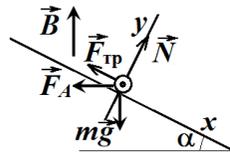


- 28] Вдоль наклонной плоскости, образующей с горизонтом угол $\alpha = 30^\circ$, проложены рельсы, по которым может скользить проводящий стержень массой $m = 0,1$ кг. Какой минимальный ток следует пропускать по стержню, чтобы он оставался в покое, если вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией, равной $B = 0,2$ Тл и направленной вертикально? Коэффициент трения стержня о рельсы $\mu = 0,2$, расстояние между рельсами $L = 0,5$ м.



Решение.

Нарисуем силы, действующие на стержень, если смотреть на задачу сбоку. Это сила тяжести (mg , направлена вертикально вниз), нормальная реакция опоры (N , направлена перпендикулярно плоскости рельсов вверх), сила Ампера (F_A , направлена влево по правилу левой руки), сила трения ($F_{тр}$, направлена вверх по склону). Стержень при этом имеет вид кружочка (поперечное сечение). Совместим две реакции опоры в одну из соображений удобства, поскольку это не влияет на решение.



Поскольку просят найти минимальный ток, то для силы трения справедливо: $F_{тр} = \mu N$. Направление тока в стержне перпендикулярно вектору магнитной индукции, поэтому $F_A = BIL$. В состоянии равновесия: $m\vec{g} + \vec{N} + \vec{F}_A + \vec{F}_{тр} = 0$. Спроецируем это уравнение на оси координат:

$$(Ox) \quad mg \sin \alpha - F_A \cos \alpha - \mu N = 0,$$

$$(Oy) \quad N - mg \cos \alpha - F_A \sin \alpha = 0.$$

Тогда $mg \sin \alpha - F_A \cos \alpha = \mu(mg \cos \alpha + F_A \sin \alpha)$, откуда выражаем искомый ток:

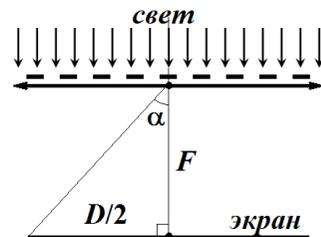
$$I = \frac{mg}{BL} \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha - \mu}{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha}.$$

Ответ: 3,4 А.

29] На дифракционную решетку, имеющую 400 штрихов на 1 мм, нормально падает монохроматический свет длины волны $\lambda = 0,55$ мкм. За решеткой расположена линза с фокусным расстоянием $F = 30$ см. Сколько интерференционных максимумов можно наблюдать на круглом экране диаметром $D = 50$ см? Центр экрана совпадает с фокусом линзы. Плоскости решетки, линзы и экрана параллельны друг другу.

Решение.

При нормальном падении света на дифракционную решетку в фокальной плоскости расположенной позади нее линзы возникают интерференционные максимумы, угловые положения которых определяются выражением: $d \cdot \sin \alpha_k = k\lambda$. Максимальный угол, под которым светлое пятно может появиться на экране, определяется геометрией: $\operatorname{tg} \alpha = D/(2F) = 5/6$. Тогда $\sin \alpha = 5/\sqrt{61} = 0,64$.



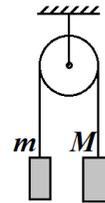
Период решетки $d = l/N = 2,5$ мкм. Тогда значения синусов возможных максимумов: $\alpha_0 = 0^\circ$, $\sin \alpha_{\pm 1} = 0,22$; $\sin \alpha_{\pm 2} = 0,44$; $\sin \alpha_{\pm 3} = 0,66$; $\sin \alpha_{\pm 4} = 0,88$.

Сравнивая эти значения синусов углов с максимальным (для острых углов с ростом угла синус также возрастает), находим, что на экране можно наблюдать максимумы с номерами 0, ± 1 , ± 2 , ± 3 – всего 7.

Ответ: 7.

30] Грузы массами m и $M = 2m$ при помощи нерастяжимой лёгкой нити подвешены на блоке. С каким ускорением нужно двигать блок в вертикальном направлении, чтобы ускорения грузов относительно поверхности Земли были направлены в одну сторону? Грузы движутся по вертикали.

Какие законы Вы использовали для описания движения системы грузов? Обоснуйте их применимость к данному случаю. Сделайте схематические рисунки, поясняющие решение.



Решение.

Выберем неподвижную СО, связанную с Землей. Она является ИСО, следовательно, в ней справедливы законы механики.

Покажем действующие силы. Направим ось Ox вверх. Запишем второй закон Ньютона для каждого из грузов:

$$ma_{1x} = T - mg, \quad Ma_{2x} = T - Mg.$$

Пусть x_0 – координата оси блока, x_1 и x_2 – координаты грузов. Поскольку нить нерастяжима, то сумма длин нитей по обе стороны от блока неизменна:

$$l_1 + l_2 = x_0 - x_1 + x_0 - x_2 = \text{const}.$$

Если взять дважды производную по времени, то постоянная справа пропадет (станет равна нулю), а слева вместо координат будут ускорения: $2a_{0x} = a_{1x} + a_{2x}$.

Учитывая соотношение масс: $a_{1x} = 2a_{2x} + g$.

Нас устраивают два варианта: 1) когда обе проекции положительны; 2) когда обе проекции отрицательны. Запишем проекции ускорений:

$$a_{1x} = \frac{4a_{0x} + g}{3}, \quad a_{2x} = \frac{2a_{0x} - g}{3}.$$

$$1) \quad a_{1x} > 0, \quad a_{2x} > 0 \quad \text{при} \quad a_{0x} > g/2.$$

$$2) \quad a_{1x} < 0, \quad a_{2x} < 0 \quad \text{при} \quad a_{0x} < -g/4.$$

Ответ: вверх с ускорением более $g/2$ или вниз с ускорением более $g/4$.