

Логика анализа содержания заданий ЕГЭ по физике (на примере типовых заданий 2011 года)

Вариант 9

ЧАСТЬ 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 под номером выполняемого вами задания (A1—A25) поставьте знак «х» в клеточке, номер которой соответствует номеру выбранного вами ответа.

A1. Материальная точка равномерно движется со скоростью u по окружности радиусом r . Если скорость точки будет вдвое больше, то модуль ее центростремительного ускорения

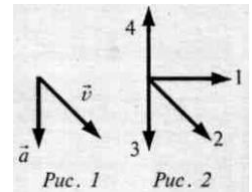
- 1) не изменится 2) уменьшится в 2 раза 3) увеличится в 2 раза 4) увеличится в 4 раза

«Равномерное движение по окружности» – это движение с ускорением, направление которого составляет с вектором скорости угол 90° . Поскольку это ускорение направлено к центру окружности, его принято называть центростремительным или «нормальным» (к вектору скорости).

Поскольку $a_{цс} = \frac{v^2}{r}$, при увеличении скорости в 2 раза, модуль центростремительного ускорения возрастёт в 4 раза.

A2. На рисунке 1 представлены направления векторов скорости \vec{v} и ускорения \vec{a} мяча в инерциальной системе отсчета. Какое из представленных на рисунке 2 направлений имеет вектор равнодействующей всех сил \vec{F} , приложенных к мячу?

- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

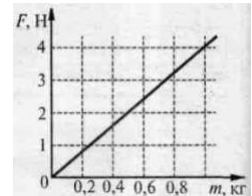


Ответ на вопрос задачи кроется в векторной форме записи 2-го закона Ньютона: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$. Поскольку масса тела $m > 0$, направления векторов силы и ускорения совпадают. Правильный ответ – 3.

A3. На графике показана зависимость силы тяжести от массы тела для некоторой планеты. Ускорение свободного падения на этой планете равно

- 1) 0,07 м/с² 2) 1,25 м/с² 3) 9,8 м/с² 4) 4 м/с²

Поскольку сила тяжести на планете определяется выражением $F = mg_{пл}$, ускорение свободного падения на ней $g_{пл} = \frac{F}{m} = \frac{4}{0,9} \approx 4 \text{ м/с}^2$.



A4. Отношение массы грузовика к массе легкового автомобиля $\frac{m_1}{m_2} = 3$. Каково отношение их скоростей $\frac{v_1}{v_2}$, если отношение импульса грузовика к импульсу легкового автомобиля равно 3?

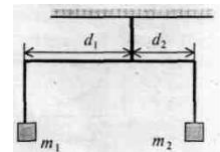
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 5

Импульс тела – это величина, определяемая произведением массы тела на скорость его движения: $p = mv$. Поэтому отношение импульсов $\frac{p_1}{p_2} = \frac{m_1 v_1}{m_2 v_2}$. Учитывая, что по условию задачи $\frac{p_1}{p_2} = 3$, получим: $3 = 3 \frac{v_1}{v_2}$. Из этого выражения нетрудно найти отношение $\frac{v_1}{v_2} = 1$.

A5. Тележка движется со скоростью 3 м/с. Ее кинетическая энергия равна 27 Дж. Какова масса тележки?

- 1) 6 кг 2) 9 кг 3) 18 кг 4) 81 кг

Кинетическая энергия – это энергия, которой обладает движущееся тело. Если тело движется поступательно, $E_k = \frac{mv^2}{2}$. В таком случае, масса тела $m = \frac{2E_k}{v^2} = \frac{2 \cdot 27}{3^2} = 6$



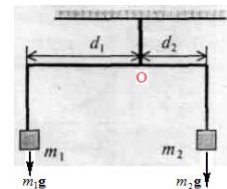
A6. Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Как нужно изменить массу первого тела, чтобы после увеличения плеча d_1 в 3 раза равновесие сохранилось? (Коромысло и нити считать невесомыми.)

- 1) увеличить в 3 раза 3) уменьшить в 3 раза
2) увеличить в 6 раз 4) уменьшить в 6 раз

Равновесие может быть нарушено, если будет нарушено равенство моментов сил относительно точки О крепления коромысла к нити, подвешенной на потолке.

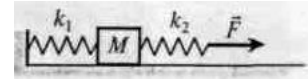
$$m_1 g \cdot d_1 = m_2 g \cdot d_2.$$

Нетрудно заметить, что условие равновесия будет выполнено, если с увеличением плеча до $3d_1$ одновременно массу m_1 уменьшить в 3 раза. $\frac{m_1}{3} g \cdot 3d_1 = m_2 g \cdot d_2$.



Момент силы – это произведение силы на плечо. **Плечо** – это кратчайшее расстояние от оси вращения (точка O) до направления действия силы.

A7. К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила F (см. рисунок). Между кубиком и опорой трения нет. Система покоится. Жесткость первой пружины $k_1 = 300$ Н/м. Жесткость второй пружины $k_2 = 600$ Н/м. Удлинение первой пружины равно 2 см. Модуль силы F равен



- 1) 6Н 2) 9Н 3) 12Н 4) 18Н

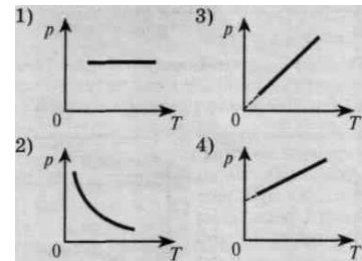
Поскольку трение между кубиком и опорой отсутствует, а вся система находится в покое (ускорение кубика $a = 0$), можно сделать вывод, что величина силы, растягивающей обе пружины, одинакова и равна F . Точно такая же по величине и сила упругости. На основании закона Гука $F = k_1 \cdot \Delta x = 300 \cdot 0,02 = 6$ Н.

A8. Дым представляет собой частицы сажи, взвешенные в воздухе. Твердые частицы сажи долго не падают вниз потому, что

1. частицы сажи совершают броуновское движение в воздухе
2. температура частиц сажи всегда выше температуры воздуха
3. воздух выталкивает их вверх согласно закону Архимеда
4. Земля не притягивает столь мелкие частицы

Поскольку частицы сажи очень мелкие, число налетающих на них молекул воздуха, участвующих в тепловом движении, невелико. В результате суммарный импульс, передаваемый частицам молекулами воздуха в каждый момент времени отличен от нуля и достаточен для того, чтобы частицы тоже принимали участие в тепловом движении. По имени ученого, впервые наблюдавшего движение малых взвешенных частиц оно получило название «броуновского».

A9. На рисунке приведены графики зависимости давления 1 моль идеального газа от абсолютной температуры для различных процессов. Изохорному процессу соответствует график



Изохорным называется процесс, протекающий при неизменном объеме ($V = \text{const}$). Анализируя уравнение состояния для одного моля газа (уравнение Клапейрона) $pV = RT$, найдём, что давление газа пропорционально его температуре. Это значит, что соответствующий график (или его продолжение) должен проходить через точку ($p = 0$ и $T = 0$). Этим условиям соответствует график 3.

A10. При каком процессе остается неизменной внутренняя энергия 1 моль идеального газа?

1. при изобарном сжатии
2. при изохорном охлаждении
3. при адиабатном расширении
4. при изотермическом расширении

Внутренняя энергия газа прямо пропорциональна его температуре. Для 1 моль идеального одноатомного газа внутренняя энергия $U = \frac{3}{2}RT$. Она остаётся неизменной, если не меняется температура газа, то есть при любом изотермическом процессе (ответ 4).

A11. Чтобы нагреть 96 г молибдена на 1 К, нужно передать ему количество теплоты, равное 24 Дж. Чему равна удельная теплоемкость этого вещества?

- 1) 250 Дж/(кг·К) 2) 24 Дж/(кг·К) 3) $4 \cdot 10^{-3}$ Дж/(кг·К) 4) 0,92 кДж/(кг·К)

По определению: удельная теплоёмкость вещества – величина, численно равная количеству теплоты, которую нужно сообщить 1 кг вещества, чтобы повысить его температуру на 1К.

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} = \frac{24}{96 \cdot 10^{-3} \cdot 1} = 250 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}).$$

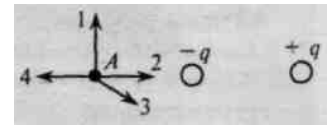
A12. Температура нагревателя идеального теплового двигателя Карно 227 °С, а температура холодильника 27 °С. Рабочее тело двигателя совершает за цикл работу, равную 10 кДж. Какое количество теплоты получает рабочее тело от нагревателя за один цикл?

- 1) 2,5 Дж 2) 11,35 Дж 3) 11,35 кДж 4) 25 кДж

Для тепловой машины, работающей по циклу Карно, КПД можно определить двояким способом. С одной стороны: $\eta = \frac{A}{Q_1}$, с другой стороны, $\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$. Объединяя обе формулы: $\frac{A}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$, получим:

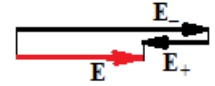
$$Q_1 = \frac{AT_1}{T_1 - T_2} = \frac{10 \cdot 500}{500 - 300} = 25 \text{ кДж}.$$

A13. На рисунке представлено расположение двух неподвижных точечных электрических зарядов $-q$ и $+q$ ($q > 0$). Направлению вектора напряженности электрического поля этих зарядов в точке А соответствует стрелка



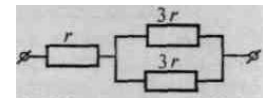
- 1) 1 2) 2 3) 3 4) 4

Направление результирующего вектора напряженности электрического поля может быть определено в соответствии с принципом суперпозиции полей, создаваемых отдельными зарядами: $\mathbf{E} = \mathbf{E}_+ + \mathbf{E}_-$. Вектор \mathbf{E}_+ направлен влево от (+) заряда. Вектор \mathbf{E}_- – **вправо, к (-) заряду**. Поскольку (+) заряд располагается от точки А дальше, чем отрицательный $E_+ < E_-$ по величине (см нижний рис). Результирующий вектор будет направлен вправо (в направлении 2).



A14. На рисунке показан участок цепи постоянного тока. Каково сопротивление этого участка, если $r = 1$ Ом?

- 1) 7 Ом 2) 2,5 Ом 3) 2 Ом 4) 3 Ом

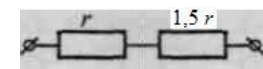
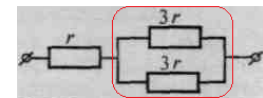


Сопротивление участка, содержащего 2 параллельно соединенных сопротивления по $3r$ можно найти, воспользовавшись формулой параллельного соединения проводников:

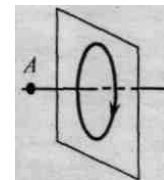
$$\frac{1}{R_{33}} = \frac{1}{3r} + \frac{1}{3r} = \frac{2}{3r} \Rightarrow R_{33} = 1,5r.$$

Теперь всю изображенную на рисунке цепь можно рассматривать как два последовательно соединенных резистора с сопротивлениями r и $1,5r$. (нижний рис.) Общее сопротивление такой цепи

$$R = r + 1,5r = 2,5r = 2,5 \text{ Ом}.$$

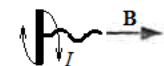


A15. На рисунке изображен проволочный виток, по которому течет электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в вертикальной плоскости. Точка А находится на горизонтальной прямой, проходящей через центр витка перпендикулярно его плоскости. Как направлен вектор индукции магнитного поля тока в точке А?



1. вертикально вверх ↑ 3) горизонтально вправо →
2. вертикально вниз ↓ 4) горизонтально влево ←

Чтобы найти направление вектора магнитной индукции \mathbf{B} необходимо воспользоваться правилом «правого винта». Вращая рукоятку винта в направлении тока, обнаружим, что сам винт будет двигаться горизонтально вправо (в направлении \mathbf{B}) →.



A16. В наборе радиодеталей для изготовления простого колебательного контура имеются две катушки с индуктивностями $L_1 = 1$ мкГн и $L_2 = 2$ мкГн, а также два конденсатора, емкости которых $C_1 = 3$ пФ и $C_2 = 4$ пФ. При каком выборе двух элементов из этого набора период собственных колебаний контура T будет наибольшим?

- 1) L_1 и C_1 2) L_2 и C_2 3) L_1 и C_2 4) L_2 и C_1

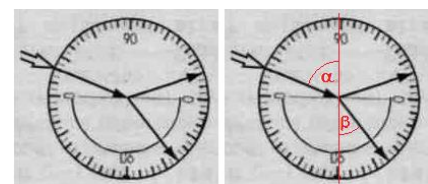
Период собственных колебаний тока (напряжения) в колебательном контуре определяется формулой Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Период будет наибольшим, если выбрать конденсатор с наибольшим значением емкости и катушку с наибольшим значением индуктивности. Правильный ответ – C_2L_2 .

A17. На рисунке – опыт по преломлению света в стеклянной пластине.

Показатель преломления стекла равен отношению

$\frac{\sin 20^\circ}{\sin 40^\circ}$ 2) $\frac{\sin 40^\circ}{\sin 20^\circ}$ 3) $\frac{\sin 70^\circ}{\sin 40^\circ}$ 4) $\frac{\sin 50^\circ}{\sin 20^\circ}$

Используя закон преломления света $n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$, следует учитывать, что угол падения α и угол преломления β отсчитываются от нормали, восстановленной в точку падения луча к границе раздела сред. (Рисунок справа) Правильный ответ: $n = \frac{\sin 70^\circ}{\sin 40^\circ}$.



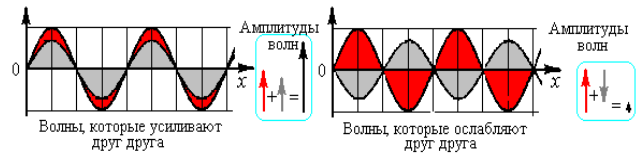
A18. Сложение в пространстве когерентных волн, при котором образуется постоянное во времени пространственное распределение амплитуд результирующих колебаний, называется

- 1) интерференцией 3) дисперсией

2) поляризацией 4) преломлением

Интерференцией называется взаимное усиление или ослабление когерентных волн при наложении их друг на друга. Результат интерференции зависит от разности хода (точнее от разности фаз) волн, которые накладываются друг на друга.

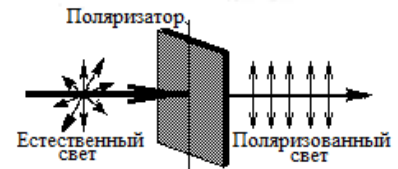
Усиление волн наблюдается, если разность их хода $\Delta r = 2m \frac{\lambda}{2}$, где $m = 0, 1, 2, \dots$. При этом условия фазы интерферирующих волн совпадают, то есть: $\Delta\phi = 0; 2\pi; 4\pi; \dots$ радиан).



Ослабление интерферирующих волн наблюдается, если разность их хода $\Delta r = (2m - 1) \frac{\lambda}{2}$, где $m = 1, 2, 3, \dots$. При этом волны оказываются в противофазе: $\Delta\phi = \pi, 3\pi, 5\pi, \dots$ радиан и ослабляют друг друга.

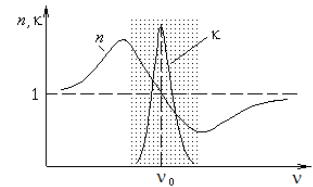
Устойчивая картина интерференции будет наблюдаться лишь в том случае, если распределение амплитуд результирующей волны в пространстве, **не меняется со временем**. Волны, удовлетворяющие этому условию называются когерентными (такие волны, возбуждаются источниками одинаковой частоты)

Поляризацией (обычно света) называется совокупность явлений волновой оптики, в которых проявляется поперечность электромагнитных волн. Пройдя через прибор, называемый поляризатором, **естественный свет**, представляющий собой совокупность поперечных световых волн, совершающих колебания в произвольно ориентированных плоскостях, становится **поляризованным**, колебания в котором совершаются в строго определённой плоскости.



Дисперсия – это зависимость абсолютного показателя преломления вещества от частоты падающего на вещество светового излучения $n = n(\nu)$.

Такая зависимость возникает в результате взаимодействия световой (электромагнитной) волны с заряженными частицами (в основном с электронами), входящими в состав вещества. При этом атомы (молекулы) вещества рассматриваются как системы, способные совершать колебания с одной или несколькими собственными частотами. Взаимодействие приводит к изменению скорости распространения световой волны в веществе (ν) по сравнению со скоростью света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с в вакууме и сопровождается **преломлением света на границе раздела сред**.

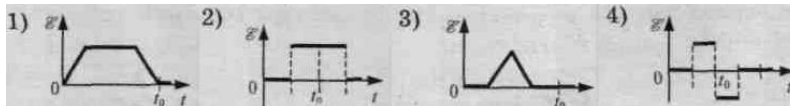
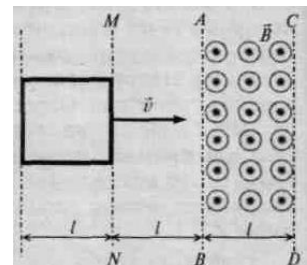


Очевидно, что при этом показатель преломления вещества $n = \frac{c}{\nu}$ также оказывается зависящим от частоты падающего на вещество излучения (дисперсия). Это влияние особенно ярко проявляется в области частот (ν) близкой к собственной частоте (ν_0) и носит сложный характер (см. график $n = f(\nu)$). Кроме того, в указанной области свет сильно поглощается – велико значение коэффициента поглощения k .

Анализируя сказанное, можно сделать вывод, что описанное в задаче явление – **интерференция волн**.

A19. В некоторой области пространства, ограниченной плоскостями АВ и CD, создано однородное магнитное поле. Металлическая квадратная рамка движется с постоянной скоростью, направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции поля.

На каком из графиков правильно показана зависимость от времени ЭДС индукции в рамке, если в начальный момент времени рамка начинает пересекать плоскость MN (см. рисунок), а в момент времени t_0 касается передней стороной линии CD?



Величина ЭДС индукции определяется скоростью изменения магнитного потока через плоскость, ограниченную рамкой $\epsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$. Очевидно, что, пока передняя часть рамки не достигнет линии АВ, магнитный поток $\Phi = 0$ и изменяться не будет, а потому $\epsilon_i = 0$. Поскольку в интервале между плоскостями АВ и CD передняя часть рамки движется равномерно, поток через плоскость рамки будет **равномерно нарастать** вплоть до момента t_0 , когда рамка полностью окажется в магнитном поле, а потому до указанного момента $\epsilon_i = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \text{const}$.

Как только рамка начнёт выходить из области магнитного поля, магнитный поток через рамку будет равномерно уменьшаться и ЭДС индукции изменит знак, оставаясь постоянной по величине. ЭДС индукции

вновь станет равной нулю ($\varepsilon_i = 0$), как только задняя часть рамки выйдет за пределы магнитного поля. Указанному процессу полностью соответствует график под № 4.

A20. Какие утверждения соответствуют планетарной модели атома?

1. Ядро – в центре атома, заряд ядра положителен, электроны на орбитах вокруг ядра.
2. Ядро – в центре атома, заряд ядра отрицателен, электроны на орбитах вокруг ядра.
3. Электроны – в центре атома, ядро обращается вокруг электронов, заряд ядра положителен.
4. Электроны – в центре атома, ядро обращается вокруг электронов, заряд ядра отрицателен.

В соответствии с экспериментальной моделью атома, предложенной Резерфордом, в центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого по своим орбитам вращаются отрицательно заряженные электроны. В целом атом нейтрален. Модель получила название «планетарной модели».

A21. Период полураспада ядер франция ${}^{221}_{87}\text{Fr}$ составляет 4,8 мин. Это означает, что

1. за 4,8 мин. атомный номер каждого атома франция уменьшится вдвое
2. каждые 4,8 мин. распадается одно ядро франция
3. все изначально имевшиеся ядра франция распадутся за 9,6 мин.
4. половина изначально имевшихся ядер франция распадается за 4,8 мин.

Правильный ответ кроется в **определении**: период полураспада, это время, в течение которого распадается половина имевшихся в наличии ядер.

A22. Ядро изотопа тория ${}^{224}_{90}\text{Th}$ претерпевает три последовательных α -распада. В результате получится ядро

- 1) полония ${}^{212}_{84}\text{Po}$
- 2) кюрия ${}^{246}_{96}\text{Cm}$
- 3) платины ${}^{196}_{78}\text{Pt}$
- 4) урана ${}^{236}_{92}\text{U}$

Вылетающие из ядра 3 α -частицы (ядра атома ${}^4_2\text{He}$) унесут с собой $4 \cdot 3 = 12$ нуклонов, в том числе $2 \cdot 3 = 6$ протонов. Поэтому *массовое число* образовавшегося в результате 3-х α -распадов ядра окажется равным: $A = 224 - 12 = 212$, а *зарядовое число* $Z = 90 - 6 = 84$. **Верный ответ** – в результате распадов получится ядро ${}^{212}_{84}\text{Po}$, **вытекает из законов сохранения зарядовых и массовых чисел.**

A23. В таблице приведены значения максимальной кинетической энергии E_{\max} фотоэлектронов при облучении фотокатода монохроматическим светом с длиной волны λ .

λ	λ_0	$\frac{1}{2}\lambda_0$
E_{\max}	E_0	$3E_0$

Чему равна работа выхода $A_{\text{вых}}$ фотоэлектронов с поверхности фотокатода?

- 1) $\frac{1}{2}E_0$
- 2) E_0
- 3) $2E_0$
- 4) $3E_0$

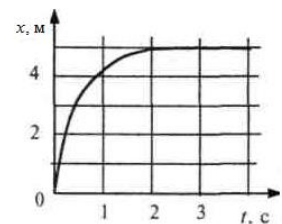
Расчётная задача, опирающаяся на уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\frac{c}{\lambda} = A_{\text{вых}} + E_{\max}$. Запишем уравнение фотоэффекта для второго $h\frac{c}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + E_0$ (1) и третьего столбца таблицы $2h\frac{c}{\lambda_0} = A_{\text{вых}} + 3E_0$ (2).

Решаем совместно уравнения (1) и (2). Вычитая из уравнения (2) уравнение (1), получим: $h\frac{c}{\lambda_0} = 2E_0$.

Подставим найденное значение энергии фотона в уравнение (1). $2E_0 = A_{\text{вых}} + E_0$. Откуда следует: $A_{\text{вых}} = E_0$.

A24. Шарик катится по жёлобу. Изменение координаты шарика с течением времени в инерциальной системе отсчета показано на графике. На основании этого графика можно уверенно утверждать, что

1. скорость шарика постоянно увеличивалась
2. первые 2 с скорость шарика возрастала, а затем оставалась постоянной
3. первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился
4. на шарик действовала все увеличивающаяся сила



Средняя скорость шарика определяется по формуле: $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$. В течение 1-й секунды её величина равна $v_1 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{4-0}{1} \cong 4 \text{ м/с}$. На второй секунде $v_2 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5-4}{2-1} \cong 1 \text{ м/с}$. С 3-й по 5ю секунду $v_3 = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{5-5}{4-2} \cong 0$.

Вывод: первые 2 с шарик двигался с уменьшающейся скоростью, а затем покоился

A25. В каком из приведенных ниже случаев можно сравнивать результаты измерений двух физических величин?

- 1) 1 Кл и 1 А·В 2) 3 Кл и 1 Ф·В 3) 2 А и 3 Кл·с 4) 3 А и 2 В·с

Чтобы ответить на вопрос, необходимо вспомнить ряд известных формул проверить их на размерность входящих в них величин. В данном случае полезной оказывается формула определения ёмкости тела, или конденсатора: $C = \frac{q}{U}$. Размерность входящих в неё величин $1 \text{ Ф} = \frac{1 \text{ Кл}}{1 \text{ В}}$. Откуда следует:

1 Кл = 1 Ф·1 В = 1 Ф·В. Так что сравнивать можно только величины, представленные под № 2.

ЧАСТЬ 2

Ответом к каждому из заданий В1—В4 будет некоторая последовательность цифр. Эту последовательность надо записать в бланк ответов № 1 справа от номера соответствующего задания без пробелов и каких-либо символов, начиная с первой клеточки. Каждую цифру пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Груз массой m , подвешенный к пружине, совершает колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с периодом и частотой колебаний, а также с максимальной потенциальной энергией пружины, если при неизменной амплитуде колебаний уменьшить массу груза?

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.

Период колебаний	Частота колебаний	Максимальная потенциальная энергия пружины

Период колебаний пружинного маятника определяется формулой $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$. Если уменьшить массу

маятника, то период колебаний уменьшится. Частота колебаний $\nu = \frac{1}{T}$ – увеличится. Потенциальная энергия

пружины маятника зависит от величины её удлинения и определяется выражением: $W_p = \frac{kx^2}{2}$. Её величина будет максимальна в моменты максимального отклонения груза от положения равновесия ($x = x_0$). А поскольку амплитуда колебаний x_0 не меняется, не будет меняться и максимальная потенциальная энергия пружины.

В2. Один моль одноатомного идеального газа совершил на адиабате работу $A > 0$. Как изменились при этом внутренняя энергия газа, его давление и температура?

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.

Внутренняя энергия газа	Давление газа	Температура газа

На основании первого начала термодинамики, количество теплоты, полученное газом, идёт на увеличение его внутренней энергии и на работу газа против внешних сил (в процессе его расширения)

$$\Delta Q = \Delta U + A.$$

Поскольку рассматриваемый процесс – адиабатный ($\Delta Q = 0$), работа расширения газа совершается за счёт уменьшения его внутренней энергии ($A = -\Delta U$). При этом должна понизиться температура газа.

Из анализа уравнения Клапейрона $pV = RT$ следует, что давление газа должно уменьшиться, поскольку в рассматриваемом процессе уменьшилась температура газа и одновременно увеличился объём газа (газ расширился).

3. Как меняются массовое число и зарядовое число ядра при α -распаде?

Установите соответствие между физическими величинами и характером их изменения.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА	ЕЕ ИЗМЕНЕНИЕ
А) Массовое число ядра	1) уменьшается на 1
Б) Зарядовое число ядра	2) уменьшается на 2
	3) уменьшается на 4

4) не изменяется

А	Б

α - частица – это ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$. При α - распаде вылетающее ядро уменьшает зарядовое число исходного ядра на 2 единицы, а массовое число на 4 единицы.

В4. В точке А на поверхности равномерно заряженной сферы модуль напряженности ее электростатического поля равен $E_A > 0$. Чему равен модуль напряженности электростатического поля сферы в ее центре О и в точке В, лежащей на середине отрезка ОА ?

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

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

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ЕЕ ЗНАЧЕНИЕ

А) Напряженность электростатического поля сферы в точке О -

1) 0

Б) Напряженность электростатического поля сферы в точке В

2) $\frac{E_A}{2}$ 3) $\frac{4E_A}{2}$ 4) E_A

А	Б

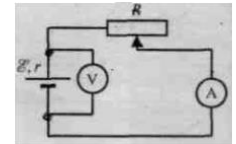
В случае статического распределения зарядов на поверхности равномерно заряженной сферы напряженность электрического поля в любой точке, лежащей внутри сферы, равна 0.

Не забудьте перенести все ответы, в бланк ответов № 1.

ЧАСТЬ 3

Задания С1—С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1. В схеме, показанной на рисунке, вольтметр и амперметр можно считать идеальными, а источник тока имеет конечное сопротивление. Движок реостата R передвинули, и показания амперметра увеличились. Куда передвинули движок реостата и как изменились показания вольтметра? Ответ обоснуйте, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.

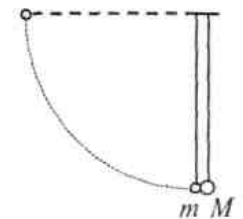


В соответствии с законом Ома для полной (замкнутой) цепи, сила тока определяется выражением: $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$. Поскольку показания амперметра увеличились – движок реостата передвинули влево, уменьшив тем самым его сопротивление R и полное сопротивление всей цепи $R+r$.

Опираясь на приведенный выше закон Ома, можно заметить, что ЭДС источника (постоянная величина – одна из характеристик источника тока) $\varepsilon = IR + Ir$ будет равно сумме падений напряжения на внешнем $U_R = IR$ (его показывает вольтметр) и на внутреннем $U_r = Ir$ участках цепи. С ростом силы тока падение напряжения внутри источника тока Ir растёт, а это значит, что напряжение на внешнем участке цепи IR (в том числе и на вольтметре) будет уменьшаться.

Полное правильное решение каждой из задач С2—С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение

С2. Два шарика, массы которых $m = 0,1$ кг и $M = 0,2$ кг, висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях длиной $l = 1,5$ м (см. рисунок). Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают без начальной скорости. Какое количество теплоты выделится в результате абсолютно неупругого удара шариков?



Отклонив левый шарик, мы подняли его на высоту l , сообщив ему потенциальную энергию mgl . По мере падения шарика, сообщенная ему потенциальная энергия будет

переходить в кинетическую. В момент соударения шариков будет выполняться равенство $mgl = \frac{mv^2}{2} = W_1$,

которое позволяет найти скорость шарика в момент соударения $v = \sqrt{2gl}$ и его импульс: $p = mv = m\sqrt{2gl}$.

Поскольку удар неупругий, оба шарика слипнутся и будут дальше двигаться в том же направлении вместе с некоторой скоростью u , величину которой можно найти из закона сохранения импульса:

$$mV = (m + M)u, \text{ или } m\sqrt{2gl} = (m + M)u. \quad u = \frac{m\sqrt{2gl}}{m + M}. \text{ Кинетическая энергия системы из двух шариков}$$

$$W_2 = \frac{(m + M)u^2}{2} = \frac{(m + M) \cdot m^2 \cdot 2gl}{2 \cdot (m + M)^2} = \frac{m^2 gl}{m + M}. \text{ Количество выделившейся при соударении теплоты находится из}$$

$$\text{закона сохранения энергии } Q = W_1 - W_2 = mgl - \frac{m^2 gl}{m + M} = \left(1 - \frac{m}{m + M}\right)mgl = \left(1 - \frac{0,1}{0,1 + 0,2}\right)0,1 \cdot 10 \cdot 1,5 = 1 \text{ Дж}.$$

С3. На рисунке изображено изменение состояния 1 моль идеального одноатомного газа. Начальная температура газа 27 °С. Какое количество теплоты сообщено газу в этом процессе?

До начала дополним на чертеже параметры, характеризующие состояния 1 и 2 (выделены красным цветом).

Искомое количество теплоты можно найти, опираясь на 1-е начало термодинамики: $\Delta Q = \Delta U + A$.

Чтобы отыскать изменение внутренней энергии ΔU в процессе 1 – 2, запишем уравнение Клапейрона для обоих состояний. Процесс – изобарный.

$$\text{Для состояния (1)} \quad p_0 V_0 = RT_1.$$

$$\text{Для состояния (2)} \quad p_0 \cdot 3V_0 = RT_2.$$

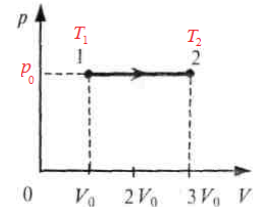
$$\text{Поделив равнение (2) на уравнение (1), получим: } T_2 = 3T_1. \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}R(3T_1 - T_1) = 3RT_1.$$

Работа, совершенная газом в этом процессе определяется формулой: $A = p_0 \cdot \Delta V$ (геометрически – это площадь прямоугольника (в общем случае фигуры) ограниченного графиком рассматриваемого процесса (1 – 2) Формально она может быть найдена, если из уравнения Клапейрона (2) вычтуть уравнение (1).

$$A = p_0(3V_0 - V_0) = R(T_2 - T_1) = 2RT_1.$$

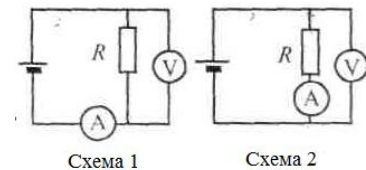
В таком случае сообщенное газу количество теплоты $\Delta Q = \Delta U + A = 3RT_1 + 2RT_1 = 5RT_1$.

Учитывая, что $T_1 = 273 + t = 300 \text{ К}$, получим $\Delta Q = 5RT_1 = 5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 12,5 \text{ кДж}$.



С4. Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2 (см. рисунок). Сопротивление резистора равно R , сопротивление амперметра $\frac{1}{100}R$, сопротивление вольтметра $9R$.

Найдите отношение $\frac{I_2}{I_1}$ показаний амперметра в схемах.



Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

Схема 1. Сопротивление параллельно соединённых резистора и вольтметра находим по формуле:

$$\frac{1}{R_{RV}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{9R} = \frac{1}{R} + \frac{1}{9R} = \frac{10}{9R}. \text{ Откуда следует: } R_{RV} = 0,9R.$$

Полное сопротивление цепи (схема 1) $R_{\text{полн1}} = 0,9R + 0,01R = 0,91R$.

Сила тока

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{0,91R}.$$

Схема 2. Сопротивление последовательно соединённых амперметра и резистора $R_{AR} = R + 0,01R = 1,01R$.

Полное сопротивление цепи может быть найдено по формуле: $\frac{1}{R_{\text{полн2}}} = \frac{1}{R_{AR}} + \frac{1}{R_{RV}} = \frac{1}{1,01R} + \frac{1}{9R} = \frac{10,01}{9,09R}$.

Его величина (схема 2) $R_{\text{полн2}} = \frac{9,09R}{10,01} \approx 0,908R$.

$$\text{Сила тока } I_2 = \frac{\varepsilon}{0,908R}.$$

Искомое отношение: $\frac{I_2}{I_1} = \frac{0,91R}{0,908R} \approx 1,002$. Обратное отношение: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{0,908R}{0,91R} \approx 0,998$.

С5. Простой колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C = 1$ мкФ и катушку индуктивности $L = 0,01$ Гн. Какой должна быть емкость конденсатора, чтобы циклическая частота колебаний энергии конденсатора в контуре увеличилась на $\Delta\omega = 2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$?

Собственная циклическая частота электромагнитных колебаний в контуре (например, изменения напряжения на конденсаторе) определяется выражением $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

Максимальная энергия, запасенная в конденсаторе, пропорциональна квадрату амплитуды напряжения на его обкладках $W_C = \frac{CU_m^2}{2}$. Энергия достигает максимума не только при положительном, но и при отрицательном значении напряжения на обкладках $(U_m)^2 = (-U_m)^2$, то есть изменяется с удвоенной частотой ($2\omega_0$)

По условию задачи: $\Delta\omega = 2\omega_0 - \omega_0 = \omega_0$, то есть $\Delta\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$.

Следовательно: $C = \frac{1}{L(\Delta\omega)^2} = \frac{1}{0,01 \cdot (2 \cdot 10^4)^2} = 0,25 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} = 0,25 \text{ мкФ}$.

С6. Для увеличения яркости изображения слабых источников света используется вакуумный прибор – электронно-оптический преобразователь. В этом приборе фотоны, падающие на катод, выбивают из него фотоэлектроны, которые ускоряются разностью потенциалов $\Delta U = 15\,000$ В и бомбардируют флуоресцирующий экран, рождающий вспышку света при попадании каждого электрона. Длина волны для падающего на катод света $\lambda_1 = 820$ нм, а для света, излучаемого экраном, $\lambda_2 = 410$ нм. Во сколько раз N прибор увеличивает число фотонов, если один фотоэлектрон рождается при падении на катод в среднем $k = 10$ фотонов? Работу выхода электронов $A_{\text{вых}}$ принять равной 1 эВ. Считать, что энергия падающих на экран электронов переходит в энергию света без потерь.

Если на катод падает k фотонов, из него в среднем будут выбиты $0,1k$ электронов. *Энергию каждого выбитого электрона можно найти из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта: $h \frac{c}{\lambda_1} = A_{\text{вых}} + E_k$.*

$$E_k = h \frac{c}{\lambda_1} - A_{\text{вых}} = 4,136 \cdot 10^{-15} \frac{3 \cdot 10^8}{820 \cdot 10^{-9}} - 1 \approx 1,5 - 1 = 0,5 \text{ эВ}$$

В этом выражении, чтобы получить кинетическую энергию в эВ, отказываемся от использования СИ, а постоянную Планка принимаем равной $h = 4,136 \cdot 10^{-15}$ эВ·с.

Поскольку каждый из выбитых электронов проходит ускоряющую разность потенциалов, его энергия станет равной $E_1 = E_k + 1(\text{электрон}) \cdot \Delta U = 0,5 + 15000 = 15000,5$ эВ, а полная энергия, которую несут все электроны, падающие на экран ЭОП-а будет равна: $E = 0,1k \cdot E_1 = k \cdot 0,1 \cdot 15000,5 \approx k \cdot 1500$ эВ.

По условию, вся эта энергия идет на образование фотонов с энергией $\varepsilon = h \frac{c}{\lambda_2}$, излучаемых экраном. В

таком случае экран излучит $K = \frac{E}{\varepsilon} = \frac{E \cdot \lambda_2}{hc}$ фотонов. $K = \frac{E \cdot \lambda_2}{hc} = \frac{k \cdot 1500 \cdot 410 \cdot 10^{-9}}{4,136 \cdot 10^{-15} \cdot 3 \cdot 10^8} = 496 \cdot k$.

Прибор увеличивает число фотонов в $N = \frac{K}{k} 496 \approx 500$ раз.

Примечание. Поскольку $E_1 \gg E_k$ без ущерба для точности вычислений можно считать, что вылетающие из фотокатода электроны вообще не обладают кинетической энергией ($E_k = 0$) и вся энергия, которой обладают электроны, бомбардирующие экран равна $E = 0,1k \cdot E_1 \approx 1(\text{электрон}) \cdot \Delta U = k \cdot 1500$ эВ. Это сильно упрощает решение задачи, поскольку часть решения, *отмеченную сиреневым курсивом*, можно опустить (убрать).