

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

Вариант 7

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.

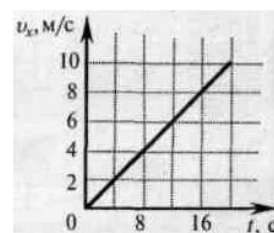
A1. Мотоциклист и велосипедист одновременно начинают движение по прямой из состояния покоя. Ускорение мотоциклиста в три раза больше, чем велосипедиста. Во сколько раз скорость мотоциклиста больше скорости велосипедиста в один и тот же момент времени?

- 1) в 1,5 раза 3) в 3 раза
2) в $\sqrt{3}$ раз 4) в 9 раз

Скорость равноускоренного движения тела определяется выражением: $v = v_0 + at$. Поскольку мотоциклист и велосипедист одновременно начинают движение из состояния покоя, их скорости определяются формулами: $v_B = at$ и $v_M = 3at$. Отношение скоростей $\frac{v_M}{v_B} = 3$

A2. Скорость автомобиля массой 1000 кг, движущегося вдоль оси Ox , изменяется со временем в соответствии с графиком (см. рисунок). Систему отсчета считать инерциальной. Равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль, равна

- 1) 500 Н 3) 10 000 Н
2) 1000 Н 4) 20 000 Н



Равнодействующая всех сил, действующих на автомобиль определяется вторым законом Ньютона: $F = ma$. Величину ускорения автомобиля нетрудно

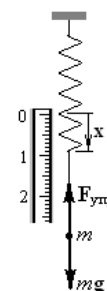
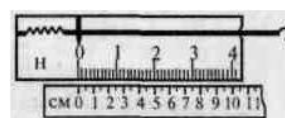
найти, анализируя график $v_x(t)$: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$. Рассмотрим, к примеру, интервал от 8 до 16 с.

$\Delta t = 16 - 8 = 8$ с. За этот промежуток времени скорость изменилась на величину $\Delta v = 8 - 4 = 4$ м/с.

Ускорение автомобиля $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{4}{8} = 0,5$ м/с² и равнодействующая всех сил $F = ma = 1000 \cdot 0,5 = 500$ Н.

A3. На рисунке изображен лабораторный динамометр. Шкала проградуирована в ньютонах. Каким будет растяжение пружины динамометра, если к ней подвесить груз массой 200 г?

- 1) 5 см 2) 2,5 см 3) 3,5 см 4) 3,75 см



Масса груза $m = 0,2$ кг. На подвешенный к динамометру груз в поле тяготения Земли

действует сила $F = mg \approx 0,2 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 2$ Н. Эта сила уравновешивается силой упругости

пружины динамометра $m\vec{g} = -\vec{F}_{\text{упр}} = k\vec{x}$.

На исходной фотографии видно, что растяжение

пружины на 10 см обеспечивает сила в 4 Н. Сила в 2 Н растянёт пружину динамометра на 5 см.

A4. Охотник массой 60 кг, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,03 кг. Скорость дробинок при выстреле 300 м/с. Какова скорость охотника после выстрела?

- 1) 0,1 м/с 3) 0,3 м/с
2) 0,15 м/с 4) 3 м/с

До выстрела суммарный импульс охотника и заряда был равен нулю. После выстрела заряд приобретает импульс $p_3 = m_3 v_3$. Охотник приобретает импульс $p_0 = -m_0 v_0$ в направлении, противоположном направлению полёту заряда. На основании закона сохранения импульса можно записать: $m_3 v_3 - m_0 v_0 = 0$.

Откуда следует: $v_0 = \frac{m_3 v_3}{m_0} = \frac{0,03 \cdot 300}{60} = 0,15$ м/с

A5. Лебедка равномерно поднимает груз массой 200 кг на высоту 3 м за 5 с. Какова мощность двигателя лебедки?

- 1) 120 Вт 2) 3000 Вт 3) 333 Вт 4) 1200 Вт

Мощность, затрачиваемая двигателем лебёдки на подъём груза определяется как произведение силы, перемещающей груз на скорость его перемещения $P = F \cdot v$; Скорость перемещения легко определить как

отношение: $v = \frac{h}{t}$. Сила тяги лебёдки $F = mg$, поскольку груз равномерно движется в вертикальном

направлении, получим: $P = \frac{mgh}{t} = \frac{200 \cdot 10 \cdot 3}{5} = 1200$ Вт. К решению задачи можно подойти иначе, опираясь на определение мощности: $P = \frac{A}{t}$. Работа по подъёму груза на высоту h определяется равенством: $A = mgh \Rightarrow$

$$P = \frac{mgh}{t}$$

А6. Как изменится период малых колебаний математического маятника, если длину его нити увеличить в 4 раза?

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

Период колебаний математического маятника определяется выражением: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$. Если длину нити

увеличить в 4 раза, период колебаний $T' = 2\pi\sqrt{\frac{4l}{g}} = 2T$ – увеличится в 2 раза.

А7. На горизонтальном полу стоит ящик массой 10 кг. Коэффициент трения между полом и ящиком равен 0,25. К ящику в горизонтальном направлении прикладывают силу 16 Н. Какова сила трения между ящиком и полом?

- 1) 0Н 2) 2,5 Н 3) 4Н 4) 16Н

Поскольку ящик не движется, мы имеем дело с трением покоя. Из первого закона Ньютона следует, что в этом случае сила трения равна силе тяги, приложенной к ящику, то есть 16 Н. Силы компенсируют друг друга.

А8. Как изменится давление идеального газа, если среднюю кинетическую энергию теплового движения молекул газа уменьшить в 2 раза и концентрацию молекул газа уменьшить в 2 раза?

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

Поскольку средняя кинетическая энергия движения молекулы пропорциональна температуре газа

$\bar{E} = \frac{3}{2}kT$, а давление газа зависит от его концентрации и температуры $p = nkT$, можно заметить, давление

идеального газа пропорционально средней кинетической энергии и концентрации его молекул: $p = \frac{2}{3}n\bar{E}$.

После указанных в задаче изменений получим $p' = \frac{2}{3} \cdot \frac{n}{2} \cdot \frac{\bar{E}}{2} = \frac{p}{4}$. Давление уменьшится в 4 раза.

А9. Удельная теплота парообразования воды равна $2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг. Это означает, что для испарения

- 1) любой массы воды при температуре кипения необходимо количество теплоты $2,3 \cdot 10^6$ Дж
2) 1 кг воды при температуре кипения необходимо количество теплоты $2,3 \cdot 10^6$ Дж
3) 2,3 кг воды при температуре кипения необходимо количество теплоты 10^6 Дж
4) 1 кг воды при любой температуре необходимо количество теплоты $2,3 \cdot 10^6$ Дж

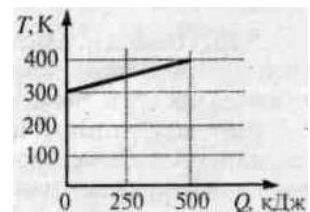
Удельную теплоту парообразования определяют как количество теплоты, которое нужно сообщить 1 кг жидкости, чтобы обратить её в пар при температуре кипения. Правильный ответ 2.

А10. На рисунке приведена зависимость температуры твердого тела от полученного им количества теплоты. Масса тела 2 кг. Какова удельная теплоемкость вещества этого тела?

- 1) 25 Дж/кгК 2) 625 Дж/кгК 3) 2500 Дж/кгК 4) 1000 Дж/кгК

Удельной теплоёмкостью вещества принято называть количество теплоты, необходимое, чтобы нагреть 1 кг вещества на 1 К.

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} = \frac{500 \cdot 10^3}{2(400 - 300)} = 2500 \text{ Дж/кгК}$$



А11. Внешние силы совершили над газом работу 300 Дж, при этом внутренняя энергия газа увеличилась на 500 Дж. В этом процессе газ

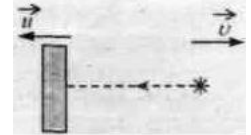
- 1) отдал количество теплоты 100 Дж 3) отдал количество теплоты 400 Дж
2) получил количество теплоты 200 Дж 4) получил количество теплоты 400 Дж

Увеличить внутреннюю энергию системы можно двояким способом: совершив над телом работу, или передав ему некоторое количество теплоты. На основании первого начала термодинамики, изменение внутренней энергии газа определяется суммой совершенной над газом работы и полученного им количества

главной оптической оси, пересекает её в точке F_2 – задний фокус. Расстояние от линзы до заднего фокуса и есть фокусное расстояние $f = 6$ клеточек $= 6 \text{ см} = 0,06 \text{ м}$ (см. масштаб на рисунке). Оптическая сила линзы

$$D = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,06} = 16,7 \text{ дптр} \approx 17 \text{ дптр}$$

A18. В инерциальной системе отсчета свет от неподвижного источника распространяется со скоростью c . Источник света движется в этой системе со скоростью v , а зеркало — со скоростью u в противоположную сторону. С какой скоростью распространяется в этой системе отсчета свет, отраженный от зеркала?

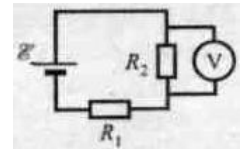


- 1) $c - v$ 2) $c + v + u$ 3) $c + v$ 4) c .

Второй постулат теории относительности Эйнштейна гласит: скорость света в вакууме во всех инерциальных системах отсчёта – величина постоянная, не зависящая от движения источника и приёмника света.

Правильный ответ: c , где $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

A19. В схеме, изображенной на рисунке, ЭДС источника тока равна 6 В, его внутреннее сопротивление пренебрежимо мало, а сопротивления резисторов $R_1 = R_2 = 2 \text{ Ом}$. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?

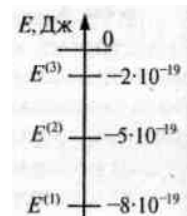


- 1) 1 В 2) 2 В 3) 3 В 4) 4 В

Поскольку внутреннее сопротивление источника тока пренебрежимо мало, закон Ома для полной цепи запишется следующим образом: $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2}$. Напряжение на резисторе R_2 находится из закона Ома для участка

цепи, содержащего этот резистор: $U = IR_2 = \frac{\varepsilon R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \cdot 2}{2 + 2} = 3 \text{ В}$.

A20. На рисунке изображена схема нескольких нижних уровней энергии атомов разреженного газа. В начальный момент времени атомы находятся в состоянии с энергией $E^{(3)}$. Возможно испускание газом фотонов с энергией



- 1) только $2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ 2) только $3 \cdot 10^{-19}$ и $6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
3) только $2 \cdot 10^{-19}$, $5 \cdot 10^{-19}$ и $8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ 4) любой от $2 \cdot 10^{-19}$ до $8 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

В атоме возможны переходы: $E^{(3)} \rightarrow E^{(2)} \Rightarrow h\nu = 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ с последующим переходом $E^{(2)} \rightarrow E^{(1)} \Rightarrow h\nu = 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$, (с той же энергией фотона), а также переход $E^{(3)} \rightarrow E^{(1)} \Rightarrow h\nu = 6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$.
Правильный ответ – 2.

A21. Ядро аргона ${}_{18}^{40}\text{Ar}$ содержит

- 1) 18 протонов и 40 нейтронов
2) 18 протонов и 22 нейтрона
3) 40 протонов и 22 нейтрона
4) 40 протонов и 18 нейтронов

Число протонов в ядре аргона ${}_{18}^{40}\text{Ar}$ определяется зарядовым числом $Z = 18$ – порядковым номером элемента в периодической системе элементов Д.И. Менделеева. Число нейтронов определяется разностью между массовым числом A (число нуклонов или суммарное число протонов и нейтронов в ядре) и зарядовым числом Z : $A - Z = 40 - 18 = 22$ нейтрона.

A22. Какая частица вызывает следующую ядерную реакцию: ${}_{13}^{27}\text{Al} + ? \rightarrow {}_{12}^{24}\text{Mg} + {}_2^4\text{He}$?

- 1) ${}^4_2\text{He}$ 2) ${}_0^1\text{n}$ 3) ${}_1^1\text{H}$ 4) γ

Из законов сохранения зарядовых и массовых чисел следует: $Z = 12 + 2 - 13 = 1$; $A = 24 + 4 - 27 = 1$. Частица, которая вызвала ядерную реакцию – протон ${}_1^1\text{H}$.

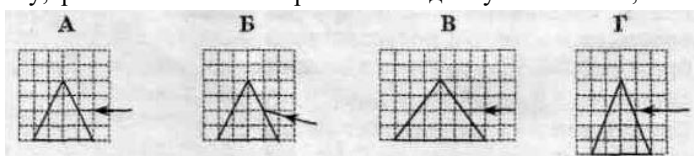
A23. Поток фотонов с энергией 15 эВ выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых в 2 раза меньше работы выхода. Какова максимальная кинетическая энергия образовавшихся фотоэлектронов?

- 1) 30 эВ 2) 15 эВ 3) 10 эВ 4) 5 эВ

Используя уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu_{\text{фотона}} = A_{\text{вых}} + E_{\text{кин}}$, можно записать, опираясь на

условия задачи: $h\nu_{\text{фотона}} = 2E_{\text{кин}} + E_{\text{кин}} = 3E_{\text{кин}} \Rightarrow E_{\text{кин}} = \frac{h\nu_{\text{фотона}}}{3} = \frac{15}{3} = 5 \text{ эВ}$

A24. Пучок белого света, пройдя через призму, разлагается в спектр. Была выдвинута гипотеза, что



ширина спектра, получаемого на стоящем за призмой экране, зависит от угла падения пучка на грань призмы. Необходимо экспериментально проверить эту гипотезу. Какие два опыта нужно провести для такого исследования?

- 1) А и Б 2) Б и В
3) Б и Г 4) В и Г

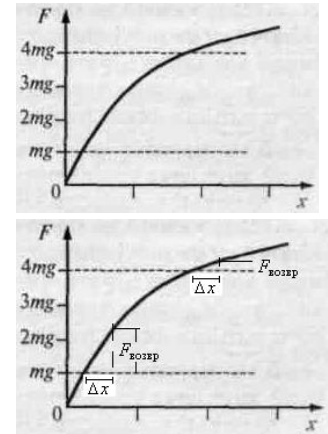
Для проведения указанного исследования нужно выбрать одну и ту же призму и направлять на неё свет под разными углами падения (вариант А и Б). Угол падения – это угол между нормалью, восстановленной к грани призмы в точку падения луча, и падающим лучом.

А25. Период малых вертикальных колебаний груза массой m , подвешенного на резиновом жгуте, равен T_0 . Зависимость силы упругости резинового жгута F от удлинения x изображена на графике. Период T малых вертикальных колебаний груза массой $4m$ на этом жгуте удовлетворяет соотношению

- 1) $T > 2T_0$ 2) $T = 2T_0$ 3) $T = T_0$ 4) $T < 0,5T_0$

Силу упругости резинового жгута для малых изменений его длины можно считать пропорциональной удлинению жгута $F_{\text{возвр}} = k \cdot \Delta x$. Анализируя нижний график нетрудно заметить, что коэффициент жесткости k_{4mg} при нагрузке $4mg$ **меньше** соответствующего коэффициента k_{mg} (при том же значении удлинения Δx). А поскольку период малых колебаний груза определяется выражением

$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_{mg}}}$ в первом случае и выражением $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_{4mg}}}$ – во втором, можно сделать вывод, что $T > 2T_0$.



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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведенными в бланке образцами.

В1. Камень брошен вверх под углом к горизонту. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Как меняются с набором высоты модуль ускорения камня, его кинетическая энергия и горизонтальная составляющая его скорости?

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.

Модуль ускорения камня	Кинетическая энергия камня	Горизонтальная составляющая скорости камня

Поскольку камень движется в поле тяготения земли, модуль ускорения камня не меняется; кинетическая энергия с набором высоты уменьшается, поскольку камню на этапе подъёма приходится преодолевать силу тяжести; горизонтальная составляющая скорости не меняется, поскольку в горизонтальном направлении на камень, находящийся в свободном полёте, никакие силы не действуют. Сопротивление воздуха не учитываем.

В2. Плоский воздушный конденсатор зарядили, отключили от источника тока, а затем уменьшили расстояние между его пластинами. Что произошло в результате этого с ёмкостью конденсатора, его энергией и напряженностью поля между его обкладками?

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.

Ёмкость конденсатора	Энергия конденсатора	Напряженность поля между обкладками

Ёмкость плоского конденсатора определяется формулой: $C = \frac{\epsilon_0 S}{d}$. Поскольку расстояние d между обкладками уменьшилось, ёмкость конденсатора увеличилась. Энергия конденсатора уменьшилась, поскольку разноименно заряженные обкладки притягиваются, а, значит, работу по сближению обкладок совершило электрическое поле конденсатора. К этому же выводу можно прийти, на основе анализа формулы, определяющей энергию заряженного конденсатора: $W = \frac{q^2}{2C}$. Так как $C \uparrow$, а $q = \text{const}$, $\Rightarrow W \downarrow$. Судить о напряженности поля можно по числу силовых линий, приходящихся на единицу площади, перпендикулярной силовым линиям (поле конденсатора – однородное). Поскольку не изменилась площадь обкладок и заряд каждой из них, а, следовательно, не изменилось число силовых линий, соединяющих разноименные заряды на обкладках, напряженность поля между обкладками заряженного конденсатора не изменилась.

Можно также воспользоваться формулой, выходящей за пределы школьного курса: $E_{\text{конденсатора}} = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$, где

$\sigma = \frac{q}{S}$ – поверхностная плотность заряда на обкладках конденсатора. q и S – постоянные величины. Поскольку $\sigma = \text{const}$, $E_{\text{конденсатора}}$ не изменилось.

В3. Укажите, какой процесс, проводимый над идеальным газом, отвечает приведенным условиям (v – количество вещества газа, Q – количество теплоты, передаваемое газу, ΔU – изменение внутренней энергии газа, A – работа газа).

Установите соответствие между условиями проведения процессов и их названиями.

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

УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕССА	ЕГО НАЗВАНИЕ
А) $Q = \Delta U$, $v = \text{const}$	1) изохорный
Б) $A = -\Delta U$, $v = \text{const}$	2) изобарный
	3) изотермический
	4) адиабатный

А	Б

Задача на 1-й закон термодинамики $\Delta Q = \Delta U + A$

Случай А: работа не совершалась: $A = p \cdot \Delta V = 0$, следовательно $V = \text{const}$ – процесс изохорный.

Случай В. Внутренняя энергия газа уменьшалась, при этом $\Delta Q = 0$ (без теплообмена), следовательно, газ совершал работу за счёт своей внутренней энергии – процесс адиабатный.

В4. Большое число N радиоактивных ядер ${}^{201}_{79}\text{Au}$ распадается, образуя стабильные дочерние ядра ${}^{201}_{80}\text{Hg}$. Период полураспада равен $\tau = 26,4$ мин. Какое количество исходных ядер наблюдается через 2τ , а дочерних – через 3τ после начала наблюдений?

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) Количество исходных ядер через 2τ	1) 0
Б) Количество дочерних ядер через 3τ	2) $N/8$
	3) $N/4$
	4) $7 \frac{N}{8}$

А	Б

Количество оставшихся радиоактивных ядер ${}^{201}_{79}\text{Au}$ спустя 2 периода полураспада $N_{2\tau} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} N = \frac{1}{4} N$.

Спустя 3 периода полураспада осталось $N_{3\tau} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} N = \frac{1}{8} N$ ядер ${}^{201}_{79}\text{Au}$. Все остальные ядра превратились в дочерние ядра ${}^{201}_{80}\text{Hg}$, которые, будучи стабильными, просто накапливаются в радиоактивном препарате.

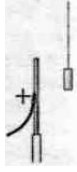
$$\text{Их число: } N_{\text{Hg}} = N - \frac{1}{8}N = \frac{7}{8}N$$

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

ЧАСТЬ 3

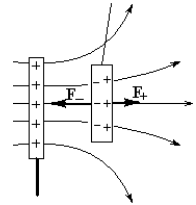
Задания С1—С6 представляют собой задачи, полное решение которых необходимо записать в бланке ответов № 2. Рекомендуется провести предварительное решение на черновике. При оформлении решения в бланке ответов № 2 запишите сначала номер задания (С1 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи.

С1. Около небольшой металлической пластины, укрепленной на изолирующей подставке, подвесили на шелковой нити легкую металлическую незаряженную гильзу. Когда пластину подсоединили к клемме высоковольтного выпрямителя, подав на нее положительный заряд, гильза пришла в движение. Опишите движение гильзы. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности вы использовали.



Подав положительный заряд на пластинку, мы создали вокруг неё электрическое поле.

На гильзе, оказавшейся в поле пластинки, возникли наведённые электрические заряды (электростатическая индукция). Поскольку размеры пластины конечны, электрическое поле вокруг неё неоднородно. Соответственно сила притяжения гильзы к пластине $F_- > F_+$ – силы отталкивания гильзы от пластины. В результате гильза притянется к пластине.



Коснувшись пластины, гильза приобретёт (+) заряд и оттолкнётся от пластины, зависнув в положении, в котором равнодействующая всех сил, действующих на гильзу равна нулю. $F_{\text{кул}} + mg + F_{\text{натяж.нити}} = 0$

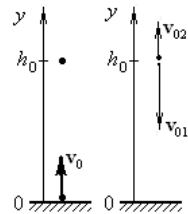
Полное правильное решение каждой из задач С2—С6 должно включать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчеты с численным ответом и, при необходимости, рисунок, поясняющий решение.

С2. Начальная скорость снаряда, выпущенного из пушки вертикально вверх, равна 500 м/с. В точке максимального подъёма снаряд разорвался на два осколка. Первый упал на землю вблизи точки выстрела, имея скорость в 2 раза больше начальной скорости снаряда, а второй – в этом же месте через 100 с после разрыва. Чему равно отношение массы первого осколка к массе второго осколка? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Рассмотрим движение снаряда вверх. Высота его подъёма $h_0 = v_0 t_0 - \frac{gt_0^2}{2}$. Скорость в конце подъёма $v = 0$ может быть найдена по формуле: $v = v_0 - gt_0 = 0$. Откуда следует:

время подъёма $t_0 = \frac{v_0}{g} = \frac{500}{10} = 50$ с и высота, на которой разорвался снаряд

$$h_0 = 500 \cdot 50 - \frac{10 \cdot 50^2}{2} = 12500 \text{ м.} \quad \text{Импульс снаряда в верхней точке} = 0.$$



После разрыва снаряда образовались 2 осколка. Один из них (1) полетел вертикально вниз, второй (2) – вертикально вверх. На основе закона сохранения импульса $m_2 v_2 - m_1 v_1 = 0$ и искомое отношение масс

$\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_{02}}{v_{01}}$ может быть найдено, если найти начальные скорости снарядов после разрыва.

- Скорость 1-го осколка в момент удара о землю $v_1 = v_{01} + gt_1$, а поскольку он падал с высоты

$$h_0 = v_{01} t_1 + \frac{gt_1^2}{2}, \text{ решив совместно эти уравнения можно найти начальную скорость 1-го осколка – } v_{01}.$$

Из первого уравнения: $t_1 = \frac{v_1 - v_{01}}{g}$ подставим во второе уравнение $h_0 = v_{01} \frac{v_1 - v_{01}}{g} + \frac{g}{2} \left(\frac{v_1 - v_{01}}{g} \right)^2$. После

математических преобразований получим: $v_1^2 - v_{01}^2 = 2gh_0 \Rightarrow$

$$v_{01} = \sqrt{v_1^2 - 2gh_0} = \sqrt{1000^2 - 2 \cdot 10 \cdot 12500} = 866 \text{ м/с.}$$

Есть и другой вариант решения первой части задачи, более предпочтительный. Он базируется на законе сохранения энергии. Высота подъёма снаряда может быть найдена из уравнения:

$$\frac{mv_0^2}{2} = mgh_0 \Rightarrow h_0 = \frac{v_0^2}{2g} = \frac{500^2}{2 \cdot 10} = 12500 \text{ м.}$$

Начальная скорость первого осколка: $\frac{m_1 v_{01}^2}{2} + m_{01} g h_0 = \frac{m_1 v_1^2}{2}$, где $v_1 = 2v_0 = 2 \cdot 500 = 1000$ м/с.

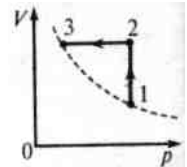
Из предыдущего уравнения следует: $v_{01} = \sqrt{v_1^2 - 2gh_0} = \sqrt{1000^2 - 2 \cdot 10 \cdot 12500} = 866$ м/с

- 2-й осколок начал движение вверх из точки, находящейся на высоте h_0 со скоростью v_{02} .

В момент удара о землю $h = 0$. Уравнение движения: $0 = h_0 + v_{02} t_2 - \frac{g t_2^2}{2}$.

Начальная скорость 2-го осколка $v_{02} = \frac{g t_2}{2} - \frac{h_0}{t_2} = \frac{10 \cdot 100}{2} - \frac{12500}{100} = 500 - 125 = 375$ $\frac{м}{с}$.

Отношение масс: $\frac{m_1}{m_2} = \frac{v_{02}}{v_{01}} = \frac{375}{866} \approx 0,43$.



С3. Один моль идеального одноатомного газа сначала нагрели, а затем охладил до первоначальной температуры 300 К, уменьшив давление в 3 раза (см. рисунок). Какое количество теплоты сообщено газу на участке 1—2?

Участок 1–2 – изобара; участок 2–3 – изохора, Пунктирная кривая 3–1 – изотерма.

Прежде разберёмся с параметрами состояния, стараясь не допускать двойных обозначений. Состояние 1 – параметры $p_1 V_1 T_1$. Состояние 2 – $p_1 V_3 T_2$. Состояние 3 – $p_3 V_3 T_1$ (нижний рисунок).

Чтобы определить количество теплоты сообщенной газу на участке 1–2 (изобара), воспользуемся первым началом термодинамики: $Q_{12} = \Delta U + A$. За счёт подводимого тепла внутренняя энергия газа увеличилась на:

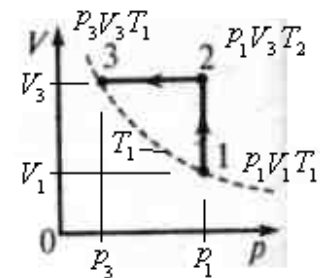
$$\Delta U = \frac{3}{2} R \cdot \Delta T = \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) \text{ и совершена работа } A = p_1 \cdot \Delta V = p_1(V_3 - V_1).$$

Для нахождения величин ΔU и A , попробуем связать величины ΔT и ΔV с температурой. Для этого нам придётся записать уравнения Менделеева-Клапейрона для всех трёх состояний. Состояние 1.

$$p_1 V_1 = RT_1 \quad (1)$$

$$\text{Состояние 2} \quad p_1 V_3 = RT_2 \quad (2)$$

$$\text{Состояние 3} \quad p_3 V_3 = RT_1 \quad (3)$$



- Величину внутренней энергии можно выразить через известную

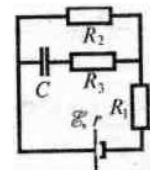
температуру T_1 , если почленно поделить уравнение (2) на уравнение (3). $\frac{T_2}{T_1} = \frac{p_1}{p_3} = 3$.

$$\left(\frac{p_1}{p_3} = 3 \text{ по условию задачи} \right) \Rightarrow T_2 = 3T_1, \text{ или } T_2 - T_1 = 2T_1 \quad (4) \Rightarrow \Delta U = \frac{3}{2} R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2} R \cdot 2T_1 = 3RT_1.$$

• Величину работы на участке 1–2 можно найти чисто формально, почленно вычитая из уравнения (2) уравнение (1). $A = p_1(V_3 - V_1) = R(T_2 - T_1) = R \cdot 2T_1 = 2RT_1$ (см. формулу 4).

Таким образом $Q_{12} = \Delta U + A = 3RT_1 + 2RT_1 = 5RT_1 = 5 \cdot 8,31 \cdot 300 = 12500$ Дж = 12,5 кДж

С4. Конденсатор ёмкостью 2 мкФ присоединен к источнику постоянного тока с ЭДС 3,6 В и внутренним сопротивлением 1 Ом. Сопротивления резисторов $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 7$ Ом, $R_3 = 3$ Ом. Каков заряд на левой обкладке конденсатора?



Заряды на левой и правой обкладках конденсатора одинаковы по величине (q) и отличаются только знаком. Поскольку левая обкладка подсоединена к (+) полюсу источника тока – заряд на ней положительный.

Величину заряда q можно найти, используя определение ёмкости плоского

конденсатора. $C = \frac{q}{U}$, где $U = qC$ – напряжение на конденсаторе. Поскольку конденсатор – это разрыв цепи и ток по участку $R_3 C$ не течёт и напряжение на нём $U = U_{R_2} = I \cdot R_2$ (Закон Ома для участка цепи, содержащего

R_2). Силу тока I можно найти на основе закона Ома для полной цепи (ε, r, R_1, R_2). $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r}$. Проще

найти ответ, подставляя числовые данные в соответствующие формулы (экономия времени, затрачиваемого на

получение расчётной формулы). $I = \frac{\varepsilon}{R_1 + R_2 + r} = \frac{3,6}{4 + 7 + 1} = 0,3 \text{ А}$.

$U = U_{R_2} = I \cdot R_2 = 0,3 \cdot 7 = 2,1 \text{ В}$ $q = CU = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 2,1 = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл} = 4,2 \text{ мкКл}$. Ответ: заряд на левой обкладке положительный 4,2 мкКл.

С5. На экране с помощью тонкой линзы получено изображение стержня с пятикратным увеличением. Стержень и плоскость экрана расположены перпендикулярно главной оптической оси линзы. Экран передвинули на 30 см вдоль главной оптической оси линзы. Затем, при неизменном положении линзы, передвинули стержень так, чтобы изображение снова стало резким. В этом случае получено изображение с трехкратным увеличением. Определите фокусное расстояние линзы.

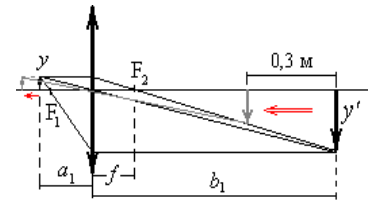
Решение задачи базируется на использовании формулы линзы $\frac{1}{f} = \frac{1}{b} + \frac{1}{a}$ и понятии увеличения линзы:

$U = \frac{y_{\text{изобр}}}{y_{\text{предм}}} = \frac{b}{a}$, где a и b – расстояния от линзы до предмета и изображения, f – её фокусное расстояние.

До изменений, описанных в задаче имеем: $\frac{1}{f} = \frac{1}{b_1} + \frac{1}{a_1}$ и $\frac{b_1}{a_1} = 5$.

Подставив в формулу линзы $a_1 = \frac{b_1}{5}$, получим: $\frac{1}{f} = \frac{1}{b_1} + \frac{5}{b_1} \Rightarrow b_1 = 6f$.

Чтобы изображение предмета стало меньше, сам предмет необходимо удалить от линзы (увеличить расстояние от фокуса линзы F_1). При этом расстояние b уменьшится и станет равным $b_2 = b_1 - 0,3$. (Это следует из анализа формулы линзы).



После изменений: $\frac{1}{f} = \frac{1}{b_1 - 0,3} + \frac{1}{a_2}$ и $\frac{b_1 - 0,3}{a_2} = 3 \Rightarrow a_2 = \frac{b_1 - 0,3}{3}$. Подставив a_2 в формулу

линзы, получим: $\frac{1}{f} = \frac{1}{b_1 - 0,3} + \frac{3}{b_1 - 0,3} = \frac{4}{b_1 - 0,3} \Rightarrow b_1 = 4f + 0,3$.

Сравнивая найденные значения b_1 , получим: $6f = 4f + 0,3 \Rightarrow f = 0,15 \text{ м} = 15 \text{ см}$.

С6. Препарат активностью $1,7 \cdot 10^{11}$ частиц в секунду помещен в медный контейнер массой 0,5 кг.

Насколько повысилась температура контейнера за 1 ч, если известно, что данное радиоактивное вещество испускает α -частицы энергией 5,3 МэВ? Считать, что энергия всех α -частиц полностью переходит во внутреннюю энергию контейнера. Теплоемкостью препарата и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

Полная энергия, которая выделится за время $t = 1$ часу = 3600 с в результате распада радиоактивного препарата определяется выражением: $E = A \cdot t \cdot \varepsilon$, где A – активность препарата, ε – энергия α -частицы. Вся эта энергия передается медному контейнеру в виде теплоты $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$, где $c = 380 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$, которая идет на увеличение внутренней энергии молекул меди, из которой изготовлен контейнер (первое начало термодинамики: $Q = \Delta U + A$, где $A = 0$, поскольку контейнер работы не совершает, а только нагревается).

На основе закона сохранения энергии: $A \cdot t \cdot \varepsilon = c \cdot m \cdot \Delta T$. Откуда следует: $\Delta T = \frac{A \cdot t \cdot \varepsilon}{c \cdot m}$.

Используя данную формулу, энергию α -частицы следует выразить в Дж, учитывая, что

$$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж} \quad \Delta T = \frac{A \cdot t \cdot \varepsilon}{c \cdot m} = \frac{1,7 \cdot 10^{11} \cdot 3600 \cdot 5,3 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{380 \cdot 0,5} = 2,7 \text{ К}$$