

Особенности решения заданий из части В

Эта часть заданий экзаменационной работы состоит из задач двух типов. **Первый вид задач** связан с определением особенностей поведения различных характеристик какого-либо процесса при изменении одной или нескольких величин. Задачи такого типа оцениваются: 2 балла, если верно указаны все элементы ответа; 1 балл, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа; 0 баллов, если допущено более одной ошибки.

В качестве примера рассмотрим возможные варианты решения нескольких задач по различным темам и разделам школьного курса физики. Заметим еще раз, что все данные необходимо переводить в международную систему единиц СИ (*кг, м, с, А, Кд*).

Задача 1. «Груз массой m , подвешенный на пружине, совершает гармонические колебания с периодом T и амплитудой x_0 . Что произойдет с максимальной потенциальной энергией пружины, периодом и частотой колебаний, если при неизменной амплитуде уменьшить массу груза?»

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

	ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ИЗМЕНЕНИЯ
А)	период колебаний	1) увеличится
Б)	частота колебаний	2) уменьшится
В)	максимальная потенциальная энергия пружины	3) не изменится

А	Б	В

Получившуюся последовательность цифр перенесите в бланк ответов (без пробелов и каких-либо символов)».

Решение.

Вначале рассмотрим поведение периода колебаний пружинного маятника. Он рассчитывается по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}, \text{ где } m \text{ – масса груза, } k \text{ – жесткость пружины.}$$

Видно, что если **массу груза уменьшить, период колебаний также уменьшится** (ответ А – 2).

Частота колебаний обратно пропорциональна периоду $T = \frac{1}{\nu}$, значит частота **увеличится** (ответ В – 1).

Максимальная потенциальная энергия пружины рассчитывается по формуле

$$E_p = \frac{kx_0^2}{2}.$$

Так как по условию, амплитуда колебаний не меняется, то и **максимальная потенциальная энергия пружины не изменится** (ответ В – 3).

В таблице верная запись:

А	Б	В
2	1	3

В бланке ответов запись: **213**

Задача 2. «Идеальный газ сжимают таким образом, что выполняется соотношение $pV^2 = const$. Как при этом изменяются следующие величины?

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Получившуюся последовательность цифр внесите в бланк ответов (без пробелов и каких либо символов)».

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ИЗМЕНЕНИЯ

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| А) температура | 1) увеличится |
| Б) давление | 2) уменьшится |
| В) внутренняя энергия | 3) не изменится |

Решение.

Вначале отметим, что если идет сжатие газа, то его **объем уменьшается**. Учитывая соотношение, можно сказать, что если произведение не меняется, то **давление газа увеличивается**.

Для того, чтобы определить характер изменения температуры, воспользуемся уравнением Менделеева-Клапейрона.

$$pV = \nu RT, \text{ откуда } p = \frac{\nu RT}{V}.$$

Подставив в исходное соотношение это выражение для давления, получим:

$$pV^2 = \frac{\nu RT}{V} V^2 = \nu RTV = const.$$

Так как число молей газа не меняется, R – универсальная газовая постоянная, то

$$TV = Const.$$

Если объем газа уменьшается, то **температура увеличивается**.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа равна:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT.$$

Если температура увеличивается, то и **внутренняя энергия увеличивается**.

Таким образом, в таблице должно быть записано

А	Б	В
1	1	1

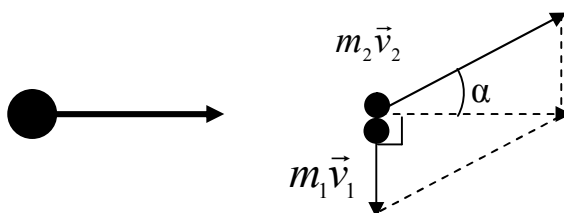
В бланке ответов должна быть запись: **111**

Второй вид задач являются вычислительными. Эти задачи нужно решить и в бланк ответов записать верный ответ в соответствии с рекомендациями, данными в задаче. Рассмотрим решения задач из этой части по различным темам курса физики.

Задача 3. Летящий снаряд разрывается на два осколка. По отношению к направлению движения снаряда первый осколок летит под углом 90° со скоростью 50 м/с , а второй – под углом 30° со скоростью 100 м/с . Найдите отношение массы первого осколка к массе второго осколка.

Решение. Применим закон сохранения импульса. Суммарный импульс осколков после распада снаряда равен импульсу снаряда до разрыва

$$m\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$$



Исходя из условия задачи и рисунка, видно, что

$$m_1 v_1 = m_2 v_2 \cdot \sin \alpha, \quad \text{откуда} \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{v_2}{v_1} \cdot \sin \alpha.$$

$$\text{Или} \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{100 \text{ м/с}}{50 \text{ м/с}} \cdot \frac{1}{2} = 1.$$

В бланке ответов пишется: **1**

Задача 4. При какой скорости пули из свинца она полностью расплавится при ударе о стенку, если 80% ее энергии будет затрачено на нагревание пули? Начальная температура пули 27°C , температура плавления 327°C , удельная теплота плавления свинца 25 кДж/кг , удельная теплоемкость свинца 130 Дж/кг .

Решение. Летящая пуля обладает кинетической энергией $E_k = \frac{m v^2}{2}$.

На плавление пули, по условию идет $0,8E_k$.

Эта энергия расходуется на нагревание пули до температуры плавления и на ее дальнейшее полное плавление, для этого требуется количество теплоты

$$Q = cm(t_{\text{пл}} - t_0) + \lambda m.$$

Таким образом

$$0,8E_k = cm(t_{\text{пл}} - t_0) + \lambda m. \quad \text{Или} \quad 0,8 \frac{mv^2}{2} = cm(t_{\text{пл}} - t_0) + \lambda m.$$

$$\text{Тогда} \quad v = \sqrt{2,5(c(t_{\text{пл}} - t_0) + \lambda)}.$$

$$v = \sqrt{2,5 \left(130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} (327^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C}) + 2,5 \cdot 10^4 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right)} = 400 \text{ м/с}$$

В бланке ответов пишем: **400**

Задача 5. Сосуды с газами под давлением 100 и 600 кПа имеют объем 2 и 3 л соответственно. Сосуды соединяют небольшой трубкой. Каково установившееся давление (в кПа) в сосудах при неизменной температуре?

Решение. После соединения трубкой оба газа займут объем, равный сумме объемов сосудов, и общее давление в сосудах будет равно сумме парциальных давлений газов

$$p = p'_1 + p'_2$$

Так как температура газов неизменна, то для них выполняется закон Бойля-Мариотта

$$p_1 V_1 = p'_1 (V_1 + V_2) \text{ и } p_2 V_2 = p'_2 (V_1 + V_2).$$

Откуда
$$p'_1 = \frac{p_1 V_1}{V_1 + V_2} \quad \text{и} \quad p'_2 = \frac{p_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

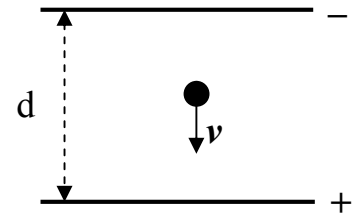
Тогда
$$p = \frac{p_1 V_1}{V_1 + V_2} + \frac{p_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{p_1 V_1 + p_2 V_2}{V_1 + V_2}.$$

Подставляя числовые данные, получим

$$p = \frac{10^5 \text{ Па} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 + 6 \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3}{5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3} = 4 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Ответ **400 кПа**

Задача 6. Пластины большого по размерам конденсатора расположены горизонтально на расстоянии d друг от друга. Напряжение между пластинами конденсатора 5000 В. В пространстве между пластинами падает капля жидкости. Масса капли $4 \cdot 10^{-6}$ кг, ее заряд $8 \cdot 10^{-11}$ Кл. При каком расстоянии между пластинами скорость капли будет постоянной? Влиянием воздуха на движение капли и перераспределением заряда на пластинах пренебречь. Ответ выразить в сантиметрах.



Решение. Заряженная частица между обкладками конденсатора (в однородном электрическом поле) будет двигаться равномерно (или покоиться), если сумма всех сил, действующих на нее, будет равняться нулю. На каплю действуют сила тяжести $F = mg$ и сила со стороны электрического поля $F_{эл} = qE$.

Тогда условие равномерного движения (или покоя) капли будет иметь вид

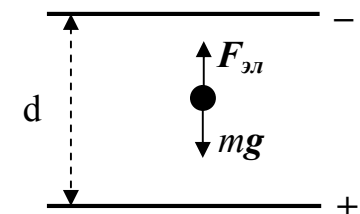
$$mg = qE.$$

Напряженность электрического поля связана с разностью потенциалов (напряжением) соотношением

$$E = \frac{U}{d}.$$

Тогда условие равномерного движения (или ее покоя) можно записать

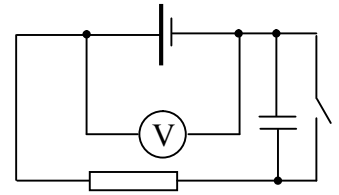
$$mg = \frac{qU}{d}.$$



Откуда $d = \frac{qU}{mg}$. $d = \frac{8 \cdot 10^{-11} \text{ Кл} \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ В}}{4 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2} = 10^{-2} \text{ м} = 1 \text{ см}$

Ответ **1**

Задача 7. Схема электрической цепи показана на рисунке. Когда цепь разомкнута, вольтметр показывает 8 В. При замкнутой цепи вольтметр показывает 7 В. Сопротивление внешней цепи равно 3,5 Ом. Чему равно внутреннее сопротивление источника тока?



Решение. В цепи постоянного тока находится конденсатор, который является разрывом в цепи. При разомкнутом ключе тока в цепи нет и вольтметр напрямую подключен к источнику тока и показывает его ЭДС, то есть

$$U_1 = \varepsilon$$

При замкнутом ключе ток идет через внешнее сопротивление и тогда вольтметр показывает напряжение на внешнем участке цепи, то есть на резисторе. Тогда сила тока в цепи равна отношению напряжения (которое показывает вольтметр), к внешнему сопротивлению цепи.

$$I = \frac{U_2}{R}$$

По закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Тогда $\frac{U_2}{R} = \frac{U_1}{R + r}$ и $U_2 R + U_2 r = U_1 R$,

откуда $r = \frac{U_1 R - U_2 R}{U_2} = \frac{R(U_1 - U_2)}{U_2}$

Тогда $r = \frac{3,5 \text{ Ом} \cdot (8 \text{ В} - 7 \text{ В})}{7 \text{ В}} = 0,5 \text{ Ом}$

Ответ: **0,5**

Задача 8. Напряжение на обкладках конденсатора в колебательном контуре изменяется по закону $U = 20 \cos 10^4 \pi t$. Чему равна индуктивность контура, если емкость конденсатора $1,8 \cdot 10^{-6}$ Ф. Полученный ответ умножьте на 10^4 и округлите до десятых.

Решение. Период электромагнитных колебаний рассчитывается по формуле

$T = 2\pi \sqrt{LC}$, отсюда $L = \frac{T^2}{4\pi C}$.

Зависимость напряжения от времени в общем виде имеет вид

$$U = U_{\max} \cos \omega t = U_{\max} \cos \frac{2\pi}{T} t$$

Тогда $\frac{2\pi}{T} = 10^4 \pi$, отсюда $T = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$.

Тогда индуктивность равна

$$L = \frac{4 \cdot 10^{-8} c^2}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} \Phi} = 5,63 \cdot 10^{-4} \text{ Гн.}$$

Тогда, по требованию к ответу $L = 5,63 \cdot 10^{-4} \cdot 10^4 = 5,63 = 5,6$

В бланк ответа пишем: **5,6**

Задача 9. Карандаш совмещен с главной оптической осью тонкой собирающей линзы, его длина равна фокусному расстоянию линзы $F=12$ см. Середина карандаша находится на расстоянии $2F$ от линзы. Рассчитайте длину изображения карандаша (ответ выразите в сантиметрах).

Решение. Найдем изображения концов карандаша.

Для ближайшего к линзе конца карандаша имеем

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F + F/2} + \frac{1}{f_1} = \frac{2}{3F} + \frac{1}{f_1} \text{ откуда}$$

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{2}{3F} = \frac{1}{3F}, \text{ и } f_1 = 3F$$

Для дальнего по отношению к линзе конца карандаша имеем

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{2F + F/2} + \frac{1}{f_2} = \frac{2}{5F} + \frac{1}{f_2}.$$

Откуда $\frac{1}{F} = \frac{2}{5F} + \frac{1}{f_2}$. $\frac{1}{f_2} = \frac{1}{F} - \frac{2}{5F} = \frac{3}{5F}$. $f_2 = \frac{5}{3}F$. Тогда длина ка-

рандаша равна

$$f_2 - f_1 = 3F - \frac{5}{3}F = \frac{4}{3}F.$$

$$l = \frac{4}{3} \cdot 0,4 \text{ м} = 0,16 \text{ м} = 16 \text{ см}$$

Ответ: **16**

Задача 10. Детектор полностью поглощает падающий на него свет длиной волны $\lambda=500$ нм. за время $t=3$ с детектор поглощает $N=5 \cdot 10^5$ фотонов. Какова поглощаемая детектором мощность. Полученный ответ умножьте на 10^{14} .

Решение. Вся поглощенная детектором энергия равна произведению энергии одного фотона на число поглощенных фотонов

$$E = N h \nu = N \frac{hc}{\lambda}.$$

С другой стороны она равна произведению мощности поглощения на время

$$E = Pt.$$

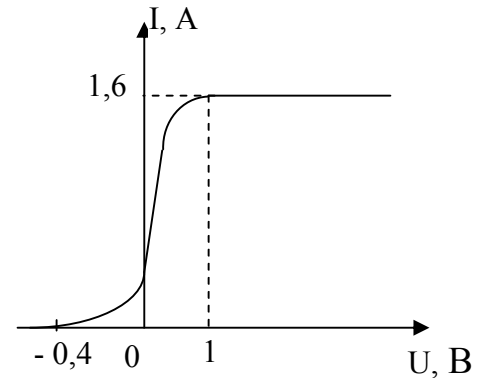
Тогда $N \frac{hc}{\lambda} = Pt$, откуда $P = N \frac{hc}{\lambda t}$.

В итоге

В ответе пишем $6,6 \cdot 10^{-14} \cdot 10^{14} = 6,6$

Ответ **6,6**

Задача 11. Металлическая пластина освещается светом с длиной волны 600 нм. Зависимость силы фототока I от электрического потенциала U пластинки представлена на графике (см. рисунок). Какова работа выхода электронов из металла? Ответ выразите в электронвольтах.



Решение. По графику зависимости определим задерживающее напряжение. Оно равно

$$U_3 = -0,4 \text{ В.}$$

Из законов фотоэффекта следует $eU = E_k$,

Согласно уравнения Эйнштейна $h\nu = A + E_k$

или
$$h \frac{c}{\lambda} = A + eU$$

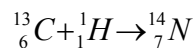
Тогда
$$A = h \frac{c}{\lambda} - eU.$$

$$A = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot c \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{6 \cdot 10^{-7} \text{ м}} - 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,4 \text{ В} = 2,66 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Перевод в электронвольты
$$A = \frac{2,66 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж/эВ}} = 1,66 \text{ эВ}$$

В ответе **1,66**

Задача 12. Вычислите энергетический выход ядерной реакции



(Массы изотопов, участвующих в реакции даны в таблице)

Ответ выразите в мегаэлектронвольтах (МэВ) с точностью до целых, считая, что 1 а.е.м. соответствует 931 МэВ. Поставьте перед цифрой «+», если энергия выделяется, и «-», если поглощается.

Решение. Найдем разность масс исходных элементов и продуктов реакции.

$$\Delta m = (m_C + m_H) - m_N.$$

$$\Delta m = 13,003354 + 1,00783 - 14,00307 = 0,008114 \text{ а.е.м}$$

Если $\Delta m > 0$, то выделяется энергия, равная

$$E = \Delta m \cdot 931 \text{ МэВ} = 0,008114 \cdot 931 \text{ МэВ} = 7,55 \text{ МэВ}$$

Ответ **8**