

Ответы: ЕГЭ по физике

1	-4
2	0,5
3	3
4	2960
5	34
6	14
7	200
8	5,6
9	135
10	23
11	17,7
12	9
13	1
14	134
15	11
16	90
17	21
18	23

19 $(9,0 \pm 1,5)$

20 24

21 **Возможное решение**

1. Электрическая ёмкость плоского конденсатора равна $C = \epsilon_0 \epsilon S/d$, где S – площадь пластины конденсатора, d – расстояние между пластинами, ϵ – диэлектрическая проницаемость материала, находящегося между пластинами, $\epsilon_0 = 1/(4\pi k) \approx 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м (k – коэффициент пропорциональности в законе Кулона). Поэтому при внесении в пространство между пластинами конденсатора диэлектрической пластины ёмкость конденсатора будет увеличиваться.
2. Поскольку сопротивление резистора очень мало, то частота ω_0 близка к частоте идеального колебательного контура: $\omega_0 \approx 1/\sqrt{LC}$. При увеличении ёмкости конденсатора частота ω_0 будет уменьшаться.
3. Так как в электрической цепи наблюдается резонанс, частота ω изменения ЭДС источника напряжения близка к частоте ω_0 собственных колебаний контура. При резонансе амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе имеет максимальную величину. В случае несовпадения частот ω и ω_0 амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе меньше, чем при резонансе.
4. Поэтому при уменьшении частоты ω_0 показания вольтметра будут уменьшаться.

22 **Решение.**

После того, как пружину сжали, совершив над ней работу, на систему пружина – брусок больше не действует внешних сил, совершающих работу, а значит, для этой системы выполняется закон сохранения полной механической энергии. Все потенциальная энергия сжатой пружины переходит в кинетическую энергию бруска:

$$E_{\text{пот}} = E_{\text{кин}} \Leftrightarrow \frac{Mv^2}{2} = \frac{k(\Delta x)^2}{2} \Leftrightarrow M = k \frac{(\Delta x)^2}{v^2} = 1000 \text{ Н/м} \cdot \frac{(0,01 \text{ м})^2}{(1 \text{ м/с})^2} = 0,1 \text{ кг}$$

Ответ: 0,1.

23 **Возможное решение**

1. Из закона сохранения энергии для замкнутой электрической цепи имеем: $\mathcal{E}\Delta q = \Delta Q_{\text{Дж-Л}} + \Delta W_{\text{эл}} + \Delta A_{\text{мех}}$, то есть работа источника $\mathcal{E}\Delta q$ (Δq – заряд, протекший по цепи) расходуется на выделение в резисторах количества теплоты $\Delta Q_{\text{Дж-Л}}$ по закону Джоуля-Ленца, изменение электростатической энергии $\Delta W_{\text{эл}}$ заряженного конденсатора и на механическую работу $\Delta A_{\text{мех}}$, если части цепи перемещаются.

2. Как видно из схемы цепи, изображённой на рисунке, после «переполлюсовки» батареи переключателем П конденсатор зарядится до такого же по модулю заряда $q = C\mathcal{E}$, но противоположного знака, и его энергия $W_{\text{эл}} = q^2/(2C)$ не изменится, так что $\Delta W_{\text{эл}} = 0$. Механическая работа не совершается, поэтому $\Delta A_{\text{мех}} = 0$.

3. При перезарядке конденсатора по цепи протечет заряд $\Delta q = 2q = 2C\mathcal{E}$, работа батареи полностью преобразуется в количество теплоты и будет равна $\mathcal{E}\Delta q = 2C\mathcal{E}^2 = \Delta Q_{\text{Дж-Л}}$.

4. Поскольку резисторы в цепи соединены последовательно и токи I через них одинаковы, то по закону Джоуля-Ленца полная рассеиваемая мощность равна $I^2(R + r)$, а на внутреннем сопротивлении r батареи выделяется доля общей мощности, равная $r/(R + r)$. Такая же доля полного количества теплоты выделится и в сопротивлении r .

5. Таким образом, искомое значение $Q_r = 2C\mathcal{E}^2 r/(R + r)$.

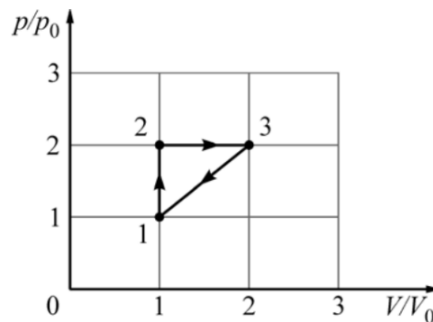
6. Подставляя численные данные в системе СИ из условия задачи, окончательно получаем:

$$Q_r = 2C\mathcal{E}^2 r/(R + r) = 2 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2 \cdot 0,8/5 \approx 230,4 \text{ мкДж}.$$

24

Возможное решение

1. Перерисуем график процесса в виде pV -диаграммы (см. рисунок). Будем отмечать нижними индексами 1, 2 и 3 физические величины (давление p , объём V и температуру T), относящиеся к состояниям 1, 2 и 3 газа.



2. Совершённая газом на участке цикла работа численно равна площади под линией, изображающей данный участок на pV -диаграмме. Соответственно, работа, совершённая газом за полный цикл, численно равна площади цикла на pV -диаграмме. Для данного «треугольного» цикла:

$$A = (1/2)(p_2 - p_1)(V_3 - V_1) = (1/2)(2 - 1)p_0(2 - 1)V_0 = p_0 V_0/2.$$

3. Газ в этом цикле получает количество теплоты на участках 1-2 и 2-3. Количество теплоты, полученное газом на этих участках, в соответствии с первым законом термодинамики равно сумме изменения внутренней энергии газа в процессе 1-2-3 и работы, совершённой газом в процессе 2-3: $Q^+ = (3/2)\nu R(T_3 - T_1) + p_2(V_3 - V_2)$.

С учётом уравнения Менделеева–Клапейрона ($pV = \nu RT$) преобразуем последнее выражение:

$$Q^+ = (3/2)(p_3 V_3 - p_1 T_1) + p_2(V_3 - V_2) = (3/2)(2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) + 2p_0(2 - 1)V_0 = (13/2)p_0 V_0.$$

4. КПД цикла теплового двигателя равен отношению работы A , совершённой газом за цикл, к количеству теплоты Q^+ , подведённой к рабочему телу за один цикл работы двигателя:

$$\eta = A/Q^+ = (0,5p_0 V_0)/(6,5p_0 V_0) = 1/13 \approx 0,077 = 7,7 \, \%.$$

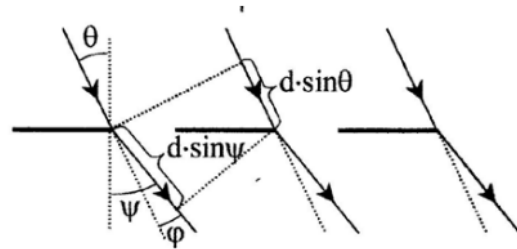
Ответ: $\eta = 1/13 \approx 0,077 = 7,7 \, \%$.

25

Возможное решение

1. После решётки образуется набор параллельных пучков света, соответствующих разным порядкам дифракции m и идущих под разными углами φ_m к направлению исходного пучка и главной оптической оси линзы.
2. На экране в фокальной плоскости линзы, где собираются эти пучки, наблюдается система дифракционных максимумов разных порядков, отстоящих от центрального максимума, соответствующего $m = 0$ и $\varphi_0 = 0$, на расстояния $x_m = F \sin \varphi_m \approx F \varphi_m$, если $\varphi_m \ll 1$.

3. Изобразим ход падающего и дифрагировавшего пучков вблизи плоскости решётки, обозначив её период через $d = 1/n$, а угол между нормалью к плоскости решётки и дифрагировавшим лучом – через ψ (см. рисунок).



4. Как видно из рисунка, $\psi = \theta + \varphi$, а разность хода соседних лучей и условие дифракционных максимумов выглядят следующим образом: $d(\sin \psi - \sin \theta) = m\lambda$.
5. Подставляя сюда выражение для ψ и используя тригонометрическую формулу $\sin \psi = \sin(\theta + \varphi) = \sin \theta \cdot \cos \varphi + \cos \theta \cdot \sin \varphi$ и полагая, что $\varphi \ll 1$, получаем: $d \cdot \cos \theta \cdot \sin \varphi \approx (d \cdot \cos \theta) \cdot \varphi_m = m\lambda$. Из условия следует, что $d \cdot \cos \theta \gg \lambda$, поэтому действительно $\varphi \ll 1$ при малых m .
6. Таким образом, $\varphi_m = m\lambda / (d \cdot \cos \theta)$, то есть при наклонном падении лучей на решётку её эффективный период уменьшается, а углы дифракции увеличиваются.
7. Для расстояния между двумя максимумами первого порядка на экране получаем: $\Delta x_{\pm 1} = x_{+1} - x_{-1} \approx 2F \cdot \varphi_1 = 2F\lambda / (d \cdot \cos \theta) = 2Fn\lambda / \cos \theta = 2 \cdot 250 \cdot 100 \cdot 4,4 \cdot 10^{-7} \cdot 2 / \sqrt{3} \approx 0,0254 \text{ м} \approx 25 \text{ мм}$.

Ответ: период картины на экране равен $\Delta x_{\pm 1} \approx 25 \text{ мм}$

26

Возможное решение

Обоснование

Для описания разрыва снаряда использован закон сохранения импульса системы тел.

Он выполняется в инерциальной системе отсчёта, если сумма внешних сил, приложенных к телам системы, равна нулю. В данном случае из-за отсутствия сопротивления воздуха внешней силой является только сила тяжести mg , которая не равна нулю. Но этим можно пренебречь, считая время разрыва снаряда малым. За малое время разрыва импульс каждого из осколков меняется на конечную величину за счёт больших внутренних сил, разрывающих снаряд при взрыве. По сравнению с этими большими силами конечная сила тяжести пренебрежимо мала. Так как время разрыва снаряда считаем малым, то можно пренебречь и изменением потенциальной энергии снаряда и его осколков в поле тяжести в процессе разрыва. В инерциальной системе отсчёта выполняется закон сохранения импульса тел.

Перейдем к решению. Для системы выполняются законы сохранения импульса и энергии (не механической энергии, а просто энергии, так как в данном случае внутренняя энергия взрывчатого вещества переходит в кинетическую энергию осколков):

$$\begin{aligned}\frac{2mu^2}{2} + \Delta E &= \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2} \\ 2mu &= mv_1 - mv_2\end{aligned}$$

Здесь u — скорость снаряда до взрыва. Решая систему из двух уравнений, для энергии взрыва получаем

$$\Delta E = \frac{m(v_1 + v_2)^2}{4}$$

Ответ: $\Delta E = \frac{m(v_1 + v_2)^2}{4}$