

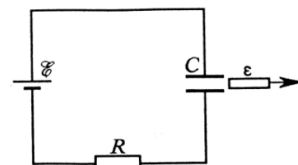
**ДЕМОВАРИАНТ**

1. Однородный стержень длиной  $L$  подвешен за один конец и может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси  $A$ . Кусочек пластилина массой  $m$  летит горизонтально перпендикулярно оси  $A$  и прилипает к нижнему концу. Определить скорость  $v$  кусочка пластилина, если известно, что максимальный угол, на который отклонился стержень, равен  $60^\circ$ . Масса стержня  $M = 6m$ .



2. В закрытом сосуде объемом  $V$  находятся азот и гелий при температуре  $T$  и давлении  $P$ . Массы газов равны. Молярные массы гелия и азота равны, соответственно,  $\mu_1$  и  $\mu_2$ . Какое количество теплоты надо сообщить смеси газов, чтобы нагреть ее на  $\Delta T$ ?

3. Из конденсатора быстро извлекают пластину с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , так что ёмкость скачкообразно меняется до значения  $C$ . Найдите зависимость тока в цепи от времени  $I = I(t)$ . Диэлектрик заполняет весь объём конденсатора. Полное омическое сопротивление цепи равно  $R$ , ЭДС источника равна  $\mathcal{E}$ .



4. На дифракционную решётку нормально падает пучок света от газоразрядной трубки, наполненной гелием. На какую линию (найти длину волны) в спектре третьего порядка накладывается красная линия гелия ( $\lambda_1 = 670$  нм) спектра второго порядка?

5. Фотон с длиной волны  $\lambda = 2,21 \cdot 10^{-12}$  м после рассеяния на электроне движется в прямо противоположном направлении. При каком отношении скорости света к начальной скорости электрона частота фотона при рассеянии не изменится? Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг, постоянная Планка  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж·с, скорость света  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с. Указание: скорость электрона релятивистская.

## Решение

1. Из закона сохранения момента импульса:  $I\omega = mvL$ .

Здесь  $I = \frac{ML^2}{3} + mL^2 = 3mL^2$ . Следовательно,  $\omega = \frac{v}{3L}$ .

Из закона сохранения энергии:

$$\begin{aligned} I \frac{\omega^2}{2} &= Mg \frac{L}{2} (1 - \cos\varphi_{max}) + mgL(1 - \cos\varphi_{max}) \Rightarrow \\ &\Rightarrow 3mL^2 \left(\frac{v}{3L}\right)^2 = 8mgL(1 - \cos\varphi_{max}) = 4mgL \end{aligned}$$

Ответ:  $v = 2\sqrt{3gL}$ .

2. Для гелия  $C_{1V} = \frac{3}{2}R$ . Для азота  $C_{2V} = \frac{5}{2}R$ .

$$Q = \frac{m}{\mu_1} C_{1V} \Delta T + \frac{m}{\mu_2} C_{2V} \Delta T. \quad PV = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2}\right) RT$$

Из данных соотношений получаем:  $Q = \frac{3\mu_2 + 5\mu_1}{\mu_2 + \mu_1} \frac{PV}{2T} \Delta T$ .

3. До извлечения пластины заряд на конденсаторе равен  $q = \varepsilon \varepsilon C$ .

После извлечения пластины зависимость  $q$  от времени  $t$  описывается уравнением:  $\varepsilon = IR + q/C$  с начальными условиями  $q(t=0) = \varepsilon \varepsilon C$ , так как заряд конденсатора сразу после извлечения пластины не изменяется.

$$\text{Ток в цепи: } I = \frac{dq}{dt} \Rightarrow \frac{dq}{dt} + \frac{q}{RC} = \frac{\varepsilon}{R}. \quad (1)$$

Интегрируя уравнение (1), получим:  $q = \varepsilon C + \varepsilon C(\varepsilon - 1) \exp(-t/RC)$ .

Ответ:  $I = -(\varepsilon/R)(\varepsilon - 1) \exp\left(-\frac{t}{RC}\right)$ .

4.  $d\sin\varphi = 2\lambda_1$  и  $d\sin\varphi = 3\lambda_2$ .

Следовательно,  $\lambda_2 = \frac{2}{3}\lambda_1 \approx 447$  нм.

5. Из закона сохранения энергии:  $E_\phi + E_e = E'_\phi + E'_e \Rightarrow E_e = E'_e$ , поскольку энергия фотона не изменилась. Ясно, что и импульс электрона по модулю останется прежним.

Из закона сохранения импульса:  $p_\phi - p_e = -p'_\phi + p'_e$ .

Следовательно,  $p_\phi = p_e$ .

$$\frac{h}{\lambda} = \frac{mv}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \text{ отсюда } \frac{c}{v} = \sqrt{1 + \left(\frac{mc\lambda}{h}\right)^2} \approx \sqrt{1,83} \approx 1,35.$$

## Инструкция для проверяющих

За каждую задачу выставляется баллы согласно следующим критериям:

<b>1</b>	Задача решена верно: приведено обоснованное решение и даны ответы на все вопросы задачи. Возможно наличие арифметических ошибок, не влияющих на ход решения и не приводящих к ошибке в порядке величины.
<b>0,8</b>	Ход решения задачи в целом верен и получены ответы на все вопросы задачи, но решение содержит вычислительные или логические ошибки (арифметические ошибки, влияющие на порядок величины; ошибки в размерности; незначительные ошибки в выкладках; ошибка в знаке величины; отсутствуют необходимые промежуточные доказательства и т.п.)
<b>0,5</b>	Задача не решена или решена частично, но все необходимые для решения физические законы сформулированы и корректно применены к задаче. При этом есть исходная система уравнений, выкладки начаты, но не доведены до конца, либо содержат грубые ошибки.
<b>0,2</b>	Задача не решена, но есть некоторые подвижки в её решении: использованы физические законы, на основе которых задача может быть решена, однако допущены ошибки на этапе составления исходной системы.
<b>0</b>	Задача не решена: основные физические законы перечислены не полностью или использованы законы, не имеющие отношения к задаче; подход к решению принципиально неверен; решение задачи не соответствует условию; попытки решить задачу не было.

Оценка за работу равна удвоенной сумме баллов по всем задачам, округленной до ближайшего целого (десятибалльная система).

Итоговая оценка за письменную работу:

10, 9, 8 баллов – отлично,

7, 6, 5 баллов – хорошо,

4, 3 балла – удовлетворительно,

2, 1, 0 баллов – неудовлетворительно.