

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «МФТИ (ГУ)»

Образец билета экзамена по физике для переводников и восстанавливающихся

на шестой и более старшие семестры

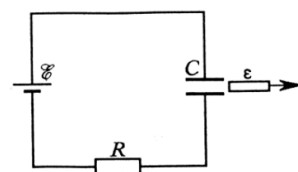
1. Однородный стержень длиной L подвешен за один конец и может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси A . Кусочек пластины массой m летит горизонтально перпендикулярно оси A и прилипает к нижнему концу. Определить скорость v кусочка пластины, если известно, что максимальный угол, на который отклонился стержень, равен 60° . 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, μ_1 и μ_2 . Какое количество теплоты надо сообщить смеси газов, чтобы нагреть ее на ΔT ?

3. Из конденсатора быстро извлекают пластину с диэлектрической проницаемостью ε , 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 билета

- 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 $I \frac{\omega^2}{2} = Mg \frac{L}{2} (1 - \cos\varphi_{max}) + mgL(1 - \cos\varphi_{max})$

$$\Rightarrow 3mL^2 \left(\frac{v}{3L}\right)^2 = 8mgL(1 - \cos\varphi_{max}) = 4mgL$$

Ответ: $v = 2\sqrt{3gL}$.

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

$$Q = \frac{m}{\mu_1} C_{1V} \Delta T + \frac{m}{\mu_2} C_{2V} \Delta T$$

$$PV = \left(\frac{m}{\mu_1} + \frac{m}{\mu_2}\right) RT$$

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 $q = \varepsilon \varepsilon C$.

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.

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

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

- 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:

| | |
|-----|--|
| 1 | Задача решена верно: приведено <i>обоснованное</i> 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. |
| 0,8 | Ход решения задачи в целом верен и получены ответы на <i>все</i> 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.) |
| 0,5 | Задача не решена или решена частично, но <i>все</i> необходимые для решения физические законы сформулированы и <i>корректно применены</i> к задаче. При этом есть исходная система уравнений, выкладки начаты, но не доведены до конца, либо содержат грубые ошибки. |
| 0,2 | 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. |
| 0 | 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.