

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

Образец билета экзамена по физике для переводников и восстанавливающихся  
на пятый семестр

- (4) Однородный стержень длиной  $L$  подвешен за один конец и может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси А. Определить максимальный угол, на который отклонится стержень при попадании в него кусочка пластилина массой  $m$ . Считать, что он летит горизонтально, перпендикулярно оси А, со скоростью  $v$  и прилипает к нижнему концу стержня. Масса стержня  $M = 9m$ . Угол отклонения стержня меньше  $90^\circ$ .
- (4) Часть закрытого сосуда занимает вода при температуре  $T=300$  К. Найти относительное изменение плотности насыщенного пара при увеличении температуры на 3 К. Удельная теплота испарения воды при этих условиях  $\lambda = 2430$  Дж/г. Пар считать идеальным газом.
- (4) По шару радиусом  $R$  с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  равномерно по объёму распределён заряд  $Q$ . Найти напряжённость электрического поля на расстоянии  $R/2$  от центра шара и энергию электростатического поля, создаваемого шаром.
- (4) Последовательно соединённые дроссель и резистор присоединены к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$ . Полное омическое сопротивление цепи рано  $R$ . Индуктивность дросселя, когда в него вставлен сердечник, равна  $L_1$ . Индуктивность того же дросселя без железного сердечника равна  $L_2$ . Вначале сердечник был вставлен. В момент времени  $t = 0$ , когда ток в цепи уже установился, очень быстро вынимают железный сердечник. Определить зависимость тока в цепи от времени  $t$  для  $t > 0$ .
- (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.

## Решения задач

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

Здесь  $I = \frac{ML^2}{3} + mL^2 = 4mL^2$ . Следовательно,  $\omega = \frac{v}{4L}$ .

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

$$\Rightarrow 4mL^2 \left(\frac{v}{4L}\right)^2 = 11mgL(1 - \cos\varphi_{max}).$$

Ответ:  $\cos\varphi_{max} = 1 - \frac{v^2}{44gL}$ .

2) Из уравнения Менделеева – Клапейрона  $P = \rho RT/\mu$ .

Следовательно  $\Delta P = RT\Delta\rho/\mu + \rho R\Delta T/\mu \Rightarrow \frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta\rho}{\rho} + \frac{\Delta T}{T}$ .

Из уравнения Клапейрона – Клаузиуса  $\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\lambda}{T(v_{\text{п}} - v_{\text{ж}})}$ . Здесь  $v_{\text{п}} = \frac{RT}{\mu P}$  – удельный объём пара.

Пренебрегая удельным объёмом жидкости  $v_{\text{ж}}$  по сравнению с  $v_{\text{п}}$ , получим  $\frac{\Delta P}{\Delta T} = \frac{\lambda\mu P}{RT^2} \Rightarrow \frac{\Delta P}{P} = \frac{\lambda\mu}{RT} \left(\frac{\Delta T}{T}\right)$ . Ответ:  $\frac{\Delta\rho}{\rho} = \left(\frac{\lambda\mu}{RT} - 1\right) \frac{\Delta T}{T} = 0,17$ .

3) По теореме Гаусса внутри шара электрическая индукция  $D = \frac{Q}{R^3}r$ .

1) Так как  $E = \frac{D}{\epsilon}$ , то  $E(R/2) = \frac{Q}{2\epsilon R^2}$ .

2) Внутри шара:  $W_{\text{эл1}} = \int_0^R \frac{E \cdot D}{8\pi} 4\pi r^2 \cdot dr = \frac{Q^2}{2\epsilon R^6} \int_0^R r^4 dr = \frac{Q^2}{10\epsilon R}$ .

Вне шара:  $W_{\text{эл2}} = \int_R^{\infty} \frac{E \cdot D}{8\pi} 4\pi r^2 \cdot dr = \frac{Q^2}{2} \int_R^{\infty} \frac{dr}{r^2} = \frac{Q^2}{2R}$

Полная энергия:  $W_{\text{эл}} = W_{\text{эл1}} + W_{\text{эл2}} = \frac{Q^2}{2R} \left(1 + \frac{1}{5\epsilon}\right)$ .

4) До извлечения сердечника из дросселя ток в цепи равен  $I_1 = \frac{\epsilon}{R}$ .

После извлечения сердечника зависимость тока в цепи  $I$  от времени описывается законом

Кирхгоффа:  $\mathcal{E} = IR + L_2 \frac{dI}{dt}$  с начальными данными  $I(t = 0) = I_2 = I_1 \frac{L_1}{L_2}$ , так как сразу после извлечения сердечника магнитный поток через сечение дросселя не меняется и ток скачком возрастает от значения  $I_1$  до  $I_2$  (поток  $L_1 I_1 = L_2 I_2 = \text{const}$ ).

$\Rightarrow$  Интегрируя уравнение  $\frac{dI}{dt} + I \frac{R}{L_2} = \frac{\epsilon}{L_2}$ , получим  $I = \frac{\epsilon}{R} \left[1 + \frac{L_1 - L_2}{L_2} \exp\left(-\frac{Rt}{L_2}\right)\right]$ .

5)  $dsin\varphi = 2\lambda_1$  и  $dsin\varphi = 3\lambda_2$ .

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

**За каждую задачу выставляется целое число баллов согласно следующим критериям:**

4	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.
3	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.)
2	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.
1	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 письменную работу** равна половине суммы баллов по всем задачам, округленной в сторону ближайшего целого числа. Для итоговой оценки используются следующие критерии:

«отлично» (8, 9, 10)

«хорошо» (5, 6, 7)

«удовлетворительно» (3, 4)

«неудовлетворительно» (0, 1, 2)