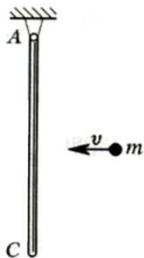


Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «МФТИ (ГУ)»

Образец билета экзамена по физике для переводников и восстанавливающихся

на третий семестр

1. На какую величину удлиняется однородный стержень, подвешенный за один конец, под действием собственного веса. Модуль Юнга материала стержня E , его длина L , площадь поперечного сечения S , масса M .
 2. На горизонтальной поверхности стола стоит цилиндрический сосуд, в который налита вода до уровня H . На какой высоте h надо сделать небольшое отверстие в боковой стенке сосуда, чтобы струя воды встречала поверхность стола на максимальном расстоянии от сосуда? Воду считать идеальной жидкостью.
 3. Однородный стержень длиной L подвешен за один конец и может вращаться без трения вокруг горизонтальной оси. Определить угол, на который отклонится стержень при попадании в него кусочка пластилина массой m . Считать, что он летит горизонтально со скоростью v и прилипает к середине стержня на расстоянии $L/2$ от точки A . Масса стержня $M = 6m$. Угол отклонения стержня меньше 90° .
- 
4. 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 ?
 5. Одноатомный идеальный газ находится под поршнем в адиабатически изолированном вертикально расположенном цилиндре. Наружное давление пренебрежимо мало. Температура газа T_0 . Масса груза на поршне, определяющая давление газа, внезапно увеличилась вдвое. Насколько изменилась температура газа и возросла энтропия, приходящаяся на одну молекулу, после установления нового равновесного состояния?

Решение билета

- 1) Разобьём стержень на тонкие диски, толщиной dx . Рассмотрим диск, расположенный на расстоянии x от закреплённого конца. На него действует сила $F = \frac{M}{L}(L-x)g$, обусловленная весом части стержня, расположенной снизу от диска.

Используя закон Гука, найдём изменение толщины диска dL_x : $F/S = E \frac{dL_x}{dx}$.

Выполнив суммирование по всем дискам, получим величину удлинения стержня:

$$\Delta L = \int_0^L \frac{F dx}{S \cdot E} = \frac{Mg}{LSE} \int_0^L (L-x) dx = \frac{MgL}{2SE}.$$

- 2) По формуле Торричелли скорость истечения струи $v = \sqrt{2g(H-h)}$.

Время полёта струи до стола $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$.

За это время вода окажется на расстоянии $L = L(h) = v \cdot t = 2\sqrt{h(H-h)}$. (1)

Значение L максимально для $h = h_0$, для которого $L'_h(h_0) = 0$.

Дифференцируя (1) по h , получим $\frac{1}{\sqrt{h(H-h)}}(H-2h) = 0$. Таким образом, $h_0 = H/2$.

- 3) Из закона сохранения момента импульса $I\omega = mv \frac{L}{2}$. Здесь $I = \frac{ML^2}{3} + m \left(\frac{L}{2}\right)^2 = \frac{9}{4}mL^2$.

Следовательно, $\omega = \frac{2}{9}v/L$.

Из закона сохранения энергии $I \frac{\omega^2}{2} = (M+m)g \frac{L}{2}(1 - \cos\varphi)$

$$\Rightarrow \frac{9}{4}mL^2 \left(\frac{2}{9}v/L\right)^2 = 7mgL(1 - \cos\varphi_{max})$$

Ответ: $\cos\varphi_{max} = 1 - \frac{v^2}{63gL}$.

- 4) 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 $Q = \frac{3\mu_2 + 5\mu_1}{\mu_2 + \mu_1} \frac{PV}{2T} \Delta T$.

- 5) Из закона сохранения энергии $\nu C_V(T - T_0) = 2mg(x_0 - x)$. Здесь x это расстояние от дна до поршня. Из уравнения состояния идеального газа $P_0 \cdot (x_0 S) = \nu RT_0$ и $P \cdot (xS) = \nu RT$.

Здесь $P_0 S = mg$ и $PS = 2mg$, т.к. масса груза полностью определяет давление газа.

Следовательно, $mgx_0 = \nu RT_0$ и $2mgx = \nu RT$. Подставляя эти соотношения в исходное

равенство, получим $\nu \frac{3}{2}R(T - T_0) = 2\nu RT_0 - \nu RT$. $\Rightarrow T = \frac{7}{5}T_0$.

Изменение энтропии идеального газа $\Delta S = \nu C_P \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - \nu R \ln\left(\frac{P}{P_0}\right)$

$\Rightarrow \frac{\Delta S}{N} = \frac{5}{2}k \ln \frac{7}{5} - k \ln 2$. Здесь $N = \nu N_A$ — число молекул газа, $C_P = \frac{5}{2}R = \frac{5}{2}kN_A$.

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.