

Интернет-олимпиада МФТИ
при поддержке компании Яндекс
2010 год
Первый тур

1. На лёгкой нити длиной 20 см висит небольшой по размерам шарик. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шарика, чтобы он совершил полный оборот в вертикальной плоскости? Принять $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ответ выразить в м/с, округлив до десятых.

Ответ: 3,2 м/с.

Решение: Условие прохождения верхней точки $\frac{mu^2}{l} \geq mg$. Здесь m — масса шарика, u — скорость в верхней точке, $l = 20$ см. По закону сохранения энергии

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + mg2l$$

Из записанных соотношений $v \geq \sqrt{5gl}$. Минимальная скорость $v = \sqrt{5gl} \approx 3,2 \text{ м/с}$.

2. У куска дерева, плавающего в воде, над поверхностью воды находится 20% объёма. Найдите плотность дерева. Плотность воды равна 1 г/см^3 . Ответ выразить в г/см^3 , округлив до десятых.

Ответ: 0,8 г/см^3 .

Решение: Условие плавания $\rho V g = \rho_b 0,8 V g$. Отсюда $\rho = 0,8 \rho_b = 0,8 \text{ г/см}^3$.

3. Азот массой 0,28 г находится в цилиндре под поршнем при температуре 380 К. Газ сначала изохорно охладил, уменьшив давление в 2 раза, а затем изобарно расширил, приведя газ в состояние с начальной температурой. Найдите работу, совершённую газом. Молярная масса азота 28 г/моль. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \text{ Дж/(моль К)}$. Ответ выразить в джоулях, округлив до целых.

Ответ: 16 Дж.

Решение: Пусть V_1 и V_3 — начальный и конечный объёмы газа, P и $2P$ — промежуточное и начальное давления, $T = 380 \text{ К}$. Работа $A = P(V_3 - V_1) = \nu RT - \frac{1}{2}\nu RT = \frac{1}{2}\nu RT \approx 16 \text{ Дж}$.

4. Между обкладками плоского конденсатора, заполняя всё пространство между ними, находится пластина из диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 3$. Конденсатор зарядили до напряжения 20 В и отсоединили от источника. Какую минимальную работу надо совершить, чтобы вытащить пластину из конденсатора? Ёмкость конденсатора без диэлектрика равна 2 мкФ. Ответ выразить в миллиджоулях, округлив до десятых.

Ответ: 2,4 мДж.

Решение: Заряд конденсатора $q = \varepsilon CU$. После вытаскивания пластины заряд конденсатора не изменится. Работа $A = \frac{q^2}{2C} - \frac{q^2}{2\varepsilon C} = \frac{q^2}{2C} \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} = \frac{CU^2}{2} (\varepsilon - 1) \varepsilon = 2,4 \text{ мДж}$.

5. Протон движется со скоростью 90 км/с по дуге окружности в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Найдите радиус окружности. Масса и заряд протона равны $1,672 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$ и $1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. Ответ выразить в сантиметрах, округлив до десятых.

Ответ: 4,7 см.

Решение: Имеем $\frac{mv^2}{R} = qvB$. Отсюда $R = \frac{mv}{qB} \approx 4,7 \text{ см}$.