

Московский физико-технический институт

Письменный экзамен по физике, 2003 год, вариант 1

1. Для транспортировки контейнера с грузом на противоположную сторону астероида предполагается пробурить шахту вдоль его диаметра и сбрасывать в нее контейнер без начальной скорости. Радиус астероида $R = 1$ км, его плотность постоянна по всему объему и в 2 раза меньше средней плотности Земли. Атмосферы на астероиде нет, его вращением можно пренебречь. Радиус Земли $R_3 = 6400$ км. Не учитывая трение при движении в шахте, найдите:

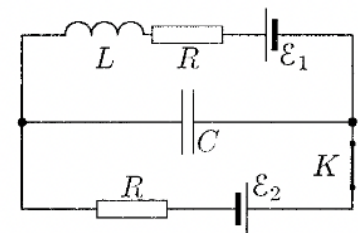
1. время, через которое контейнер окажется первый раз на расстоянии $R/2$ от центра астероида;
2. скорость контейнера в этот момент.

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R} \left(1 - \frac{r}{R}\right)} = \sqrt{\frac{2GM}{R} \left(1 - \frac{R/2}{R}\right)} = \sqrt{\frac{2GM}{R} \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{GM}{R}}$$

2. Тонкая пробирка частично заполнена водой и расположена вертикально, открытым концом в атмосферу. Вследствие диффузии в пробирке устанавливается линейное изменение концентрации пара с высотой: вблизи поверхности воды пар оказывается насыщенным, а у верхнего открытого конца пробирки его концентрация составляет 60% от концентрации насыщенного пара. Пробирку сверху закрывают крышкой и охлаждают на $\Delta T = 2$ К. На сколько изменится по сравнению с первоначальным давление влажного воздуха внутри пробирки после установления равновесия? Атмосферное давление $P_0 = 755$ мм рт. ст., начальная температура $t_0 = 29^\circ\text{C}$, давление насыщенного пара при этой температуре $P_n = 30$ мм рт. ст. Известно, что малые относительные изменения давления насыщенного пара $\Delta P/P$ связаны с малыми относительными изменениями его температуры $\Delta T/T$ формулой $\Delta P/P = 18\Delta T/T$. Изменением объема жидкости в пробирке во время опыта пренебречь.

$$\Delta P = P_0 \left(1 - \frac{P_n}{P_0}\right) \frac{\Delta T}{T} + P_n \frac{\Delta T}{T} = P_0 \frac{\Delta T}{T} - \frac{P_n}{P_0} P_0 \frac{\Delta T}{T} + P_n \frac{\Delta T}{T} = P_0 \frac{\Delta T}{T} - P_n \frac{\Delta T}{T} + P_n \frac{\Delta T}{T} = P_0 \frac{\Delta T}{T} = 2,4 \text{ мм рт. ст.}$$

3. В электрической схеме, представленной на рисунке, ключ K замкнут. Ключ K размыкают. После этого батарея с ЭДС \mathcal{E}_1 совершила работу A , а количество теплоты, выделившейся в цепи, равно Q .

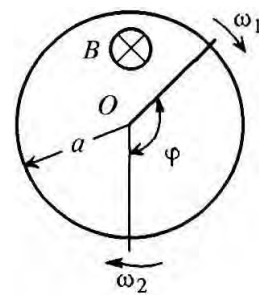


1. Найти емкость конденсатора C .
2. Найти индуктивность катушки L .

ЭДС батарей и сопротивления резисторов R считать заданными ($\mathcal{E}_2 = 2\mathcal{E}_1 = 2\mathcal{E}$).

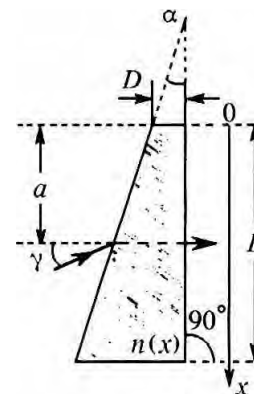
$$A = \mathcal{E}_1 q = \mathcal{E} q = \mathcal{E} (C + \frac{2\mathcal{E}C}{2\mathcal{E}}) = \mathcal{E} C (1 + 1) = 2\mathcal{E} C$$

4. Тонкое проволочное кольцо радиусом a расположено в однородном магнитном поле с индукцией B , перпендикулярной плоскости кольца. По кольцу скользят в одном направлении две перемычки с угловыми скоростями ω_1 и ω_2 ($\omega_2 > \omega_1$) (см. рис.). Перемычки и кольцо сделаны из одного куска провода, сопротивление единицы длины которого равно ρ . Определить величину и направление тока через перемычки, когда угол $\varphi = 3\pi/4$. Между перемычками в точке O и между кольцом и перемычками хороший электрический контакт.



$$\frac{d(x_2 t + \varphi_0)}{v_2 (\omega_2 - \omega_1) B} = I$$

5. На прозрачную усеченную призму с углом при вершине $\alpha = 0,2$ рад под углом $\gamma = 0,06$ рад к плоскости основания призмы (см. рис.) падает узкий пучок монохроматического света и выходит из призмы параллельно плоскости основания на расстоянии $a = 1$ см от верхней границы призмы. Зависимость показателя преломления вдоль оси x имеет вид $n(x) = 1,4(1 - x/7L)$. Определить высоту призмы L . Ширина верхнего основания $D = 0,1$ см.



$$L = \frac{0,2(D + 2a)}{0,2\alpha - \gamma} = 5 \text{ см}$$

Указание. Для малых углов α считать, что $\sin \alpha \approx \alpha \approx \text{tg } \alpha$.