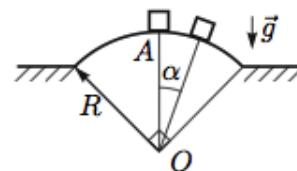


Всероссийская олимпиада школьников по физике

10 класс, финал, 2015/16 год

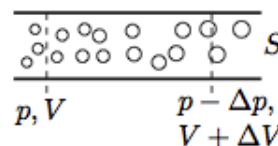
ЗАДАЧА 1. Над горизонтальной поверхностью выступает сферическая горка, профиль которой представляет собой четверть окружности радиуса R . В верхнюю точку горки положили небольшую шайбу массой m и сообщили ей горизонтальную начальную скорость v_0 (см. рисунок). Коэффициент трения между горкой и шайбой зависит от угла α по закону $\mu = \operatorname{tg} \alpha$.



- 1) Через какое время τ тело достигнет горизонтальной поверхности при спуске без отрыва от горки?
- 2) Чему равна работа $A_{\text{тр}}$ силы трения к этому моменту?
- 3) При каких величинах v_0 шайба не оторвётся от поверхности горки?

$$\frac{v_0^2}{gR} \geq \frac{1}{2} \left(\frac{v_0^2}{gR} - \frac{1}{2} \right) \left(\frac{v_0^2}{gR} - \frac{1}{2} \right) = \frac{v_0^2}{gR} - \frac{1}{4} \quad (1)$$

ЗАДАЧА 2. В трубе сечения S течёт взвесь — жидкость, переносимая с собой мелкие сжимаемые гранулы (см. рисунок). На участке с давлением p объём отдельной гранулы равен V , а на участке с пониженным давлением $p - \Delta p$ объём гранулы равен $V + \Delta V$. Число гранул, проходящих за единицу времени через любое сечение трубы, равно ν . Найдите массу взвеси μ , проходящую через трубу за единицу времени при стационарном течении, если трения со стенками трубы нет, а скорость жидкости и гранул по всему сечению одинакова. Изменением плотности жидкости пренебречь.



$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta p}{p} = \nu$$

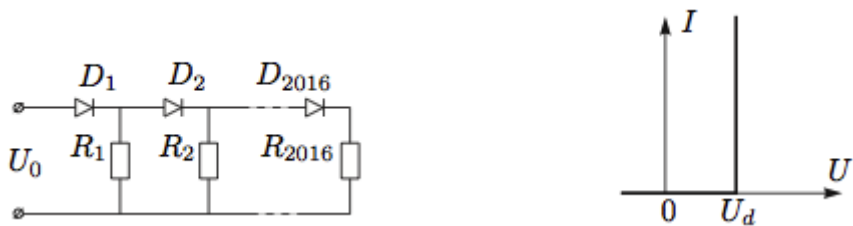
ЗАДАЧА 3. Как известно, при атмосферном давлении вода начинает замерзать, а лёд — таять при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$. При давлениях, больших атмосферного, вода может находиться в жидкой фазе и при более низких температурах. Увеличение давления на 133 атм понижает температуру плавления льда на 1°C . В начальном состоянии вода массой $m_0 = 1$ кг и очень малое количество льда находятся в равновесии в адиабатической оболочке под давлением $p_1 = 200$ атм. В адиабатическом процессе давление медленно уменьшают до атмосферного $p_0 = 1$ атм.

- 1) Найдите изменение массы льда $\Delta m_{\text{л}}$.
- 2) Найдите изменение объёма системы вода + лёд.
- 3) Какую работу совершает система против внешнего давления при его уменьшении от p_1 до p_0 ?

Удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4,2$ Дж/(г · °C), льда $c_{\text{л}} = 2,1$ Дж/(г · °C). Удельная теплота плавления льда $q = 336$ Дж/г. Плотности воды и льда при атмосферном давлении: $\rho_{\text{в}} = 1$ г/см³, $\rho_{\text{л}} = 0,9$ г/см³. Сжимаемость воды $G = -\frac{1}{V} \frac{\Delta V}{\Delta p} = 5 \cdot 10^{-10}$ Па⁻¹, сжимаемость льда меньше сжимаемости воды.

$$\Delta m_{\text{л}} = m_0 \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{1}{133}} - m_0 \quad (1)$$

ЗАДАЧА 4. Электрическая цепь (рисунок слева) состоит из 2016 звеньев, состоящих из одинаковых диодов и резисторов. Вольтамперная характеристика диода приведена на рисунке справа, напряжение $U_d = 1$ В. Сопротивление каждого резистора $R = 1$ Ом. На вход схемы подаётся постоянное напряжение U_0 .

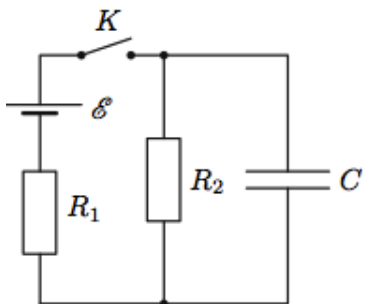


- 1) Определите силы токов через диоды и через резисторы при входном напряжении $U_0 = 4,4$ В.
- 2) Постройте вольтамперную характеристику схемы (зависимость тока I_0 от U_0) в диапазоне от 0 В до 3 В.
- 3) Определите входное напряжение U_0 , при котором ток через цепь равен $I_0 = 14$ А.

$$I_1 = 3,4 \text{ A}, I_2 = 2,4 \text{ A}, I_3 = 1,4 \text{ A}, I_4 = 0,4 \text{ A}; I_{D1} = 2,6 \text{ A}, I_{D2} = 4,2 \text{ A}, I_{D3} = 1,8 \text{ A}, I_{D4} = 0,4 \text{ A}$$

$$U_0 = 5,8 \text{ В} \quad (2) \text{ см. конец пены}$$

ЗАДАЧА 5. В электрической цепи (см. рисунок) все элементы можно считать идеальными. Вначале конденсатор ёмкостью C не заряжен. Ключ K замыкают, а затем, когда скорость изменения энергии в конденсаторе достигает максимума — размыкают.



- 1) Найдите мощность N , которую развил источник постоянного напряжения к моменту размыкания ключа.
- 2) Пусть сопротивления резисторов равны $R_1 = R_2 = R$. В этом случае скорость изменения энергии в конденсаторе достигает максимума через время $t_0 = CR \ln \sqrt{2}$ (это время можно найти, решая соответствующее дифференциальное уравнение, которое вам решать не нужно). Определите количество теплоты Q , которое выделится в цепи при замкнутом ключе K .

$$N = \frac{\mathcal{E}^2}{2R_1 + R_2} \left(\frac{2}{3} + \ln 2 \right) = Q \quad (1)$$

Ответ к задаче 4

