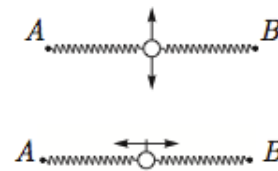


Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2013/14 год

ЗАДАЧА 1. Тонкую невесомую пружину, растянутую на некоторую величину Δl_1 , закрепили на гладком горизонтальном столе в точках A и B . Отношение периодов малых поперечных (верхний рисунок) и продольных (нижний рисунок) колебаний небольшого грузика, расположенного посередине пружины, равно $n_1 = 4$. После того как деформацию пружины увеличили на $\Delta x = 3,5$ см, отношение периодов стало равно $n_2 = 3$. Найдите длину нерастянутой пружины l_0 , а также значение деформации Δl_1 в первом и деформации Δl_2 во втором случаях. Считайте, что пружина в условиях опыта подчиняется закону Гука.



$$\omega_{\perp}^2 = \frac{c}{m} = \frac{c}{\mu} \Rightarrow T_{\perp} = 2\pi \sqrt{\frac{\mu}{c}} \quad \omega_{\parallel}^2 = \frac{c}{m} = \frac{c}{\mu} \Rightarrow T_{\parallel} = 2\pi \sqrt{\frac{\mu}{c}} = T_{\perp} \Rightarrow n = 1$$

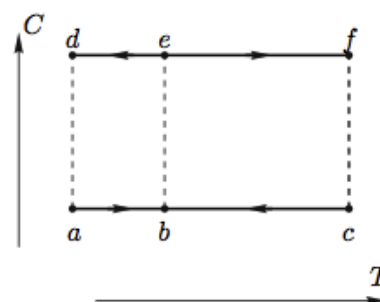
ЗАДАЧА 2. Температура плавления массивного образца олова $t_0 = 232^\circ\text{C}$. Температура плавления мельчайших оловянных шариков диаметром $d = 20$ нм оказывается на 25 градусов ниже и равна $t_d = 207^\circ\text{C}$. Это так называемый размерный эффект, причём экспериментально установлено, что температура плавления зависит не только от размеров, но и от формы образца. При какой температуре будет плавиться оловянная фольга толщиной $h = d$?

Считайте, что атомы олова в приповерхностном слое толщиной в 2–3 межатомных расстояния обладают некоторой избыточной энергией по сравнению с энергией атомов в объёме, а теплота плавления λ в пересчёте на один атом пропорциональна средней энергии связи U атомов в веществе и абсолютной температуре T фазового перехода (плавления): $\lambda \sim U \sim T$.

Молярная масса олова $\mu = 119$ г/моль. Плотность олова $\rho = 731$ г/см³.

223,7°C

ЗАДАЧА 3. В архиве лорда Кельвина нашли график циклического процесса, произведённого над неизвестным количеством ν азота. В координатах (C, T) , где C — теплоёмкость газа, а T — температура, график цикла представляет собой четыре отрезка $abefcb$ (см. рисунок). К сожалению, положение начала координат оказалось утраченным. Пояснительные записи указывали, что $C_d = 1,000$ Дж/К, $C_a = 0,715$ Дж/К, а также что



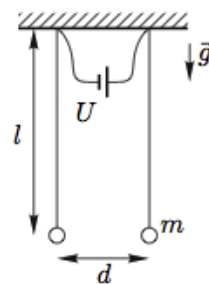
$$T_c - T_b = 2(T_b - T_a) = 200 \text{ К} \quad \text{и} \quad \frac{p_c}{p_a} = \frac{V_c}{V_a}.$$

- 1) Найдите работу газа A за цикл и КПД цикла η .
- 2) Определите значения температур T_a , T_b и T_c .
- 3) Нарисуйте график цикла в координатах (p, V) и определите количество вещества ν .

Примечание. Процесс с постоянной теплоёмкостью C называется политропным и для него справедливо соотношение $pV^n = \text{const}$, где n — постоянная (показатель политропы).

1) $A = 28,5$ Дж, $\eta = 0,105$; 2) $T_a = 100$ К, $T_b = 200$ К, $T_c = 400$ К; 3) $\nu = 0,105$ моль

ЗАДАЧА 4. К горизонтальному непроводящему потолку на тонких металлических проволоках длиной $l = 1$ м на расстоянии $d = 10$ см друг от друга подвешены два одинаковых стальных шарика радиусом $r = 5$ мм и массой $m = 4$ г (см. рисунок). В начальный момент шарики не заряжены и покоятся. Ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с². Электрическая постоянная $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м.



- 1) Определите период T малых свободных колебаний шариков.
- 2) К точкам крепления проволок подключают источник напряжения U с большим внутренним сопротивлением $R = 10^{15}$ Ом. При каком значении $U = U_{\min}$ шарики столкнутся через некоторое время?
- 3) Найдите время τ , через которое разность потенциалов между шариками достигнет значения U_{\min} , если $U = U_0 = 1,0 \cdot 10^6$ В.

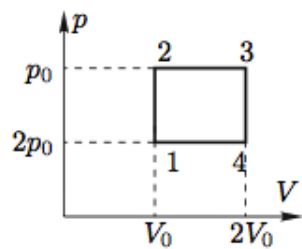
$$\tau = \frac{2klU_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \tau \quad (3) \quad \tau = 64,6 \text{ мкс} = \frac{2klU_0}{4\pi\epsilon_0 r^2} \sqrt{\frac{8kmgd^3}{27l^2}} = \frac{6}{l} \sqrt{\frac{2klU_0}{4\pi\epsilon_0 r^2}} = J \quad (1)$$

ЗАДАЧА 5. В архиве Снеллиуса нашли чертёж оптической схемы, на которой была изображена линза, положение точечного источника света S_0 и его изображения S_1 . От времени чернила выцвели, и на схеме осталось видно только положение оптической оси линзы, источника S_0 , изображения S_1 и одного из фокусов F (см. рисунок). Построением циркулем и линейкой без делений восстановите возможные положения линзы.



Существуют четыре решения; см. конец листа

Ответ к задаче 3



Ответ к задаче 5

