

11 класс

Задача 1. Растяжение пружины

Тонкую невесомую пружину, растянутую на некоторую величину Δl_1 , закрепили на гладком горизонтальном столе в точках A и B . Отношение периодов малых поперечных (рис. 7) и продольных (рис. 8) 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.

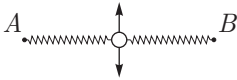


Рис. 7



Рис. 8

Задача 2. Наноплавление

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 $\mu = 119\text{г/моль}$. Плотность олова $\rho = 7,31\text{г/см}^3$.

Задача 3. Восьмёрка лорда Кельвина

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 $abefcb$ (рис. 9). 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

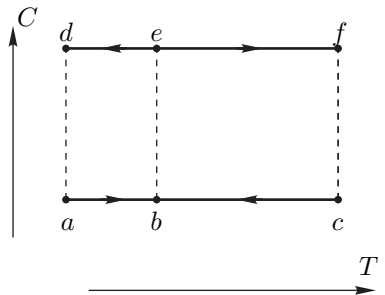


Рис. 9

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

1. Найдите работу газа A за цикл и КПД цикла η .
2. Определите значения температуры 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.

Задача 4. Электроудар

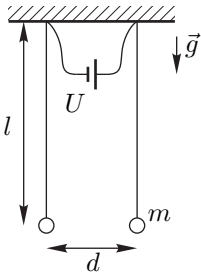


Рис. 10

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 (рис. 10). 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 t_0 , через которое разность потенциалов между шариками достигнет значения U_{\min} если $U = U_0 = 1,0 \cdot 10^6$ В.

Задача 5. В архиве Снеллиуса

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 (рис. 11). Построением циркулем и линейкой без делений восстановите возможные положения линзы.



Рис. 11