

## 11 класс

### Задача 1. Растяжение пружины

Тонкую невесомую пружину, растянутую на некоторую величину  $\Delta l_1$ , 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  $\Delta l_1$  в первом и деформации  $\Delta l_2$  во втором случаях. Считайте, что пружина в условиях опыта подчиняется закону Гука.

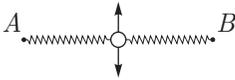


Рис. 7

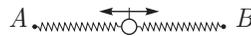


Рис. 8

### 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  $\lambda$  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  $\nu$  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

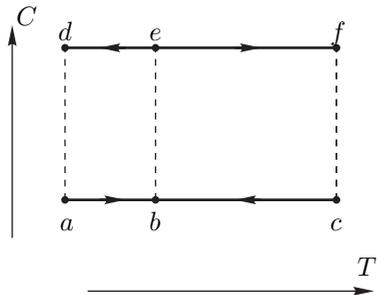


Рис. 9

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

1. Найдите работу газа  $A$  за цикл и КПД цикла  $\eta$ .
2. Определите значения температуры  $T_a$ ,  $T_b$  и  $T_c$ .
3. Нарисуйте график цикла в координатах  $(p, V)$  и определите количество вещества  $\nu$ .

*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

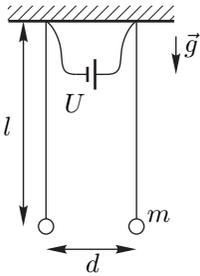


Рис. 10

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/с<sup>2</sup>. 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