

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2008/09 год

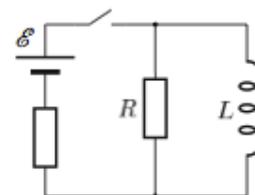
ЗАДАЧА 1. В головокружительном аттракционе человек массы $m = 70$ кг прыгает с платформы вниз в озеро¹. К ногам человека привязан конец резинового жгута некоторой длины L и жёсткости k . Другой конец жгута прикреплён к платформе. У поверхности воды, пролетев расстояние $h = 90$ м, человек должен иметь нулевую скорость и ускорение $a_0 = 2g$. Считайте, что $g = 10$ м/с², а жгут подчиняется закону Гука. Размерами человека, сопротивлением воздуха и другими потерями можно пренебречь. Определите:

- 1) длину L нерастянутого жгута и его жёсткость k ;
- 2) удлинение жгута в положении равновесия (после затухания колебаний);
- 3) максимальную скорость v_{\max} падения человека;
- 4) амплитуду A и частоту ω гармонических колебаний человека на жгуте;
- 5) время τ падения человека до поверхности воды.

Внимание! От точности ваших расчётов, возможно, будет зависеть жизнь человека!

$$L = 30 \text{ м}; k = 35 \text{ Н/м}; v_{\max} = 20 \text{ м/с}; a_0 = 28,3 \text{ м/с}^2; A = 40 \text{ м}; \omega = 0,71 \text{ рад/с}; \tau = 5,41 \text{ с}$$

ЗАДАЧА 2. В схеме на рисунке параметры всех элементов заданы. В начальном состоянии, когда ключ был разомкнут, ток в цепи, содержащей индуктивность L , отсутствовал. Ключ замыкают на некоторое время, а затем снова размыкают. Известно, что за время, пока ключ был замкнут, через индуктивность протёк заряд q_0 . За всё время после замыкания ключа в схеме выделилось количество теплоты Q_0 .



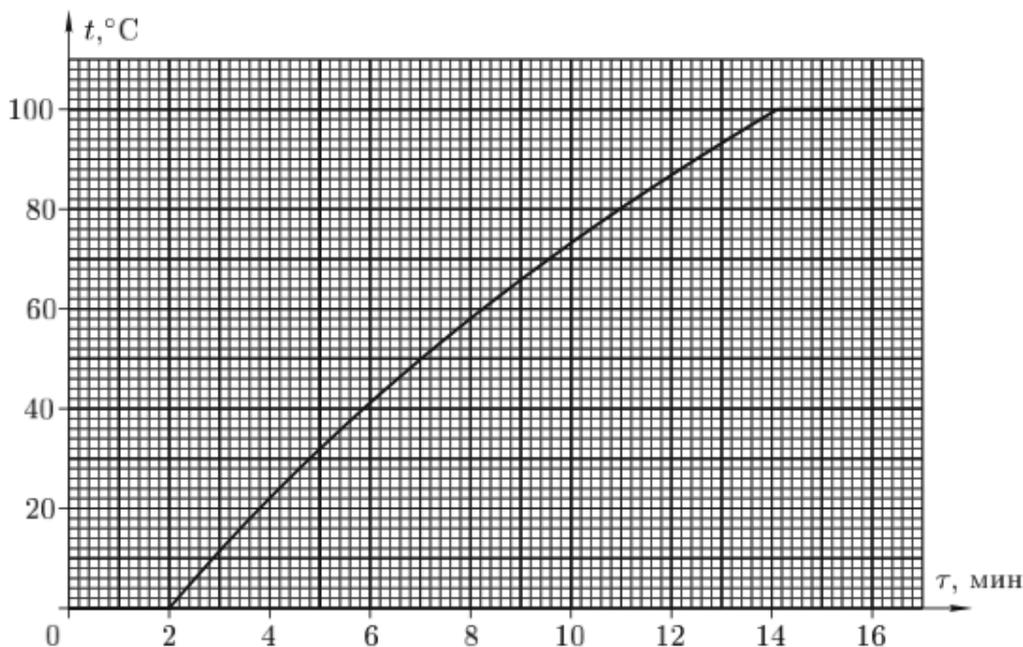
Предполагая идеальными все элементы цепи, определите:

- 1) силу тока I_0 , протекающего через индуктивность непосредственно перед размыканием ключа;
- 2) заряд q_1 , протекший через резистор R за время, пока ключ был замкнут;
- 3) заряд q_2 , протекший через резистор R после того как ключ был разомкнут;
- 4) работу A , совершённую источником постоянного тока в течение всего процесса;
- 5) количество теплоты Q , выделившееся в схеме, пока ключ был замкнут.

$$I_0 = \frac{\varepsilon}{r + R}; q_1 = \frac{q_0}{2}; q_2 = \frac{q_0}{2}; A = \frac{q_0^2}{2C}; Q = \frac{q_0^2}{2C}$$

¹См. видео.

ЗАДАЧА 3. В сосуд, содержащий смесь воды и льда, в момент времени $\tau = 0$ мин опустили нагреватель мощностью $P_0 = 400$ Вт. На рисунке представлена зависимость температуры t смеси от времени τ .



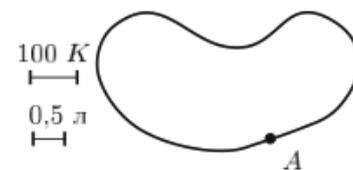
Известно, что мощность Q тепловых потерь пропорциональна разности температур $\Delta t = t - t_0$, где t_0 — температура окружающей среды. При расчётах вы можете принять $t_0 = 0^\circ\text{C}$ и, следовательно, $Q = \alpha t$, где α — постоянный коэффициент, не зависящий от температуры. Используя приведённый график зависимости $t(\tau)$, найдите:

- 1) начальную массу льда $m_{\text{л}}$ в смеси;
- 2) общую массу M содержимого сосуда;
- 3) коэффициент пропорциональности α ;
- 4) максимальную мощность нагревателя P_{max} , при которой вода никогда не закипит;
- 5) время τ_1 от начала таяния льда, в течение которого вода в сосуде закипит, если мощность нагревателя $P_1 = 300$ Вт.

Удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг · К); удельная теплота плавления льда $\lambda = 3,2 \cdot 10^5$ Дж/кг.

$$\tau_1 = \frac{\lambda m_{\text{л}}}{P_1} + \frac{cM}{P_1} \ln \frac{100}{40} \approx 21 \text{ мин}$$

ЗАДАЧА 4. Говорят, что в архиве лорда Кельвина нашли график циклического процесса, совершённого над одним молем идеального одноатомного газа (рис.). Со временем чернила выцвели, и от координатных осей T (температура) и V (объём) не осталось и следа. Из пояснений к тексту следовало, что в точке A температура равна 400 К, объём — 4 л, давление газа минимально, а начало координат находится в нижней части рисунка. Там же был указан масштаб по осям.



- 1) Восстановите построением положение осей T и V .
- 2) Найдите максимальное давление газа в этом процессе.

$$p_{\text{max}} \approx 4,75 \text{ МПа}$$

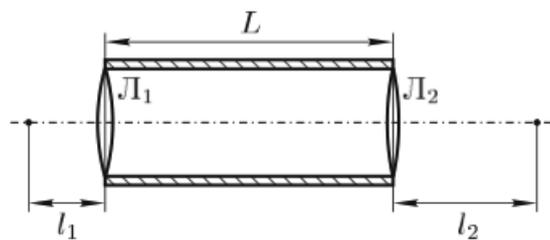
ЗАДАЧА 5. На экспериментальном туре физической олимпиады участникам было предложено определить фокусные расстояния двух тонких собирающих линз, расположенных в торцах полого цилиндра длиной $L = 20,0$ см (рис.).

Один из участников, Вася Зазнайкин, аккуратно выполнил эксперименты и получил следующие результаты.

1) Если слева от левого торца цилиндра на его оси на расстоянии $l_1 = 5,0$ см расположить точечный источник света, то после прохождения через систему свет выходит из правого торца параллельным пучком.

2) Если на левый торец послать параллельный пучок света, то справа от правого торца на расстоянии $l_2 = 10,0$ см лучи сходятся в одну точку, лежащую на оси цилиндра.

Однако рассчитать по этим экспериментальным данным фокусные расстояния F_1 и F_2 обеих линз Зазнайкин так и не смог. Помогите бедному Васе.



$F_1 = 36,3 \text{ см}, F_2 = 25,8 \text{ см или } F_1 = 3,7 \text{ см}, F_2 = 6,2 \text{ см}$
--