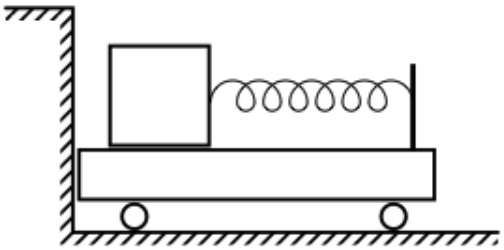
Олимпиада «Физтех» по физике

11 класс, 2013 год, вариант 1

1. На горизонтальной поверхности стола находится тележка. На шероховатой горизонтальной поверхности тележки находится брусок, прикреплённый к тележке лёгкой упругой пружиной (см. рисунок). Масса тележки в три раза больше массы бруска. Брусок отклоняют влево так, что удлинение пружины равно x, а тележка прижата к упору. Затем брусок отпускают.



1) Найдите деформацию пружины в момент отрыва тележки от упора.

2) Найдите скорость бруска в момент отрыва тележки от упора.

3) Найдите скорость тележки после прекращения движения по ней бруска.

Известно следующее. Если брусок подвесить на пружине, то деформация пружины равна $2x$. Если брусок тащить по неподвижной тележке с постоянной скоростью, прикладывая горизонтальную силу к прикреплённой к бруску пружине, то деформация пружины равна $2x/3$. Массой колёс тележки и трением в их осях пренебречь. Деформация x пружины меньше длины пружины в ненапряжённом состоянии.

1) $x_1 = \frac{2x}{3}$; 2) $v = \frac{\sqrt{2gx}}{6}$; 3) $v = \frac{\sqrt{2gx}}{24}$

2. Тяжёлый подвижный поршень площадью $S = 10$ см^2 делит объём вертикально расположенного цилиндра на две равные части объёмом $V_0 = 1$ л каждая. Над поршнем находится вода и водяной пар общей массой $m = 2$ г, под поршнем — $m_1 = 2$ г азота. Температура в цилиндре равна 100 °C. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с^2, молярные массы азота и воды $\mu_а = 28$ г/моль, $\mu_в = 18$ г/моль, плотность воды $\rho = 1$ г/см^3.

1) Найдите массу M поршня.

2) Какую часть объёма V_0 занимает жидкая вода?

1) $M = \left(\frac{m_1RT}{\mu_а V_0} - p\right)\frac{S}{g} \approx 12$ кг (здесь $p = 10^5$ Па); 2) $\alpha = \left(\frac{mRT}{\mu_в p V_0} - 1\right)\left(\frac{\rho RT}{\mu_в p} - 1\right)^{-1} \approx 1{,}4 \cdot 10^{-3}$

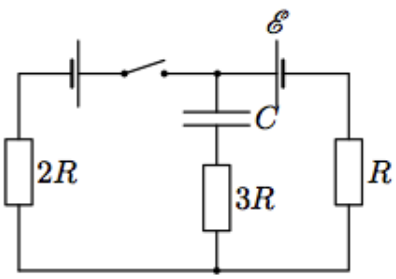
3. Для подзарядки аккумулятора используется динамомашина (генератор) с сопротивлением обмотки ротора $R = 1$ Ом. Человек вращает ручку динамомашины с частотой $n = 1$ об/с, прикладывая к ней силу $F = 20$ Н на расстоянии $\rho = 8$ см от оси вращения вдоль направления движения ручки. Через аккумулятор идёт ток $I = 1$ А. Из-за трения в механизмах динамомашины теряется 20% затрачиваемой человеком мощности. Считать, что ротор вращается между полюсами постоянного магнита.

1) Какую мощность затрачивает человек?

2) Найти напряжение на зажимах динамомашины.

1) $P = 2\pi n\rho F \approx 10$ Вт; 2) $U = \frac{0{,}8P - I^2R}{I} \approx 7$ В

4. В схеме, показанной на рисунке, все элементы можно считать идеальными, известные параметры элементов указаны на рисунке, неизвестная ЭДС меньше $\mathscr{E}$. Ключ замыкают и дожидаются установления стационарного режима. Затем ключ размыкают, после чего в схеме выделяется количество теплоты, равное $\frac{1}{18}C\mathscr{E}^2$.



1) Какое количество теплоты выделилось в резисторе $3R$ после размыкания ключа?

2) Найдите силу тока, протекавшего в схеме в стационарном режиме.

1) $Q_{3R} = \frac{1}{24}C\mathscr{E}^2$; 2) $I = \frac{\mathscr{E}}{3R}$

5. Для определения показателя преломления неизвестной прозрачной жидкости экспериментатор Глюк положил на дно мензурки монету и налил в неё исследуемую жидкость. Толщина слоя жидкости $H = 27$ см. Далее он сфотографировал монету с высоты $h = 37$ см над поверхностью жидкости и получил резкое изображение, диаметр которого в $k = 10$ раз меньше диаметра монеты. Фокусное расстояние объектива $F = 50$ мм. Оптическая ось объектива перпендикулярна поверхности жидкости.

1) Какое расстояние d было установлено на шкале дальности объектива?

2) Найдите показатель преломления n жидкости.

1) $d = (k+1)F = 55$ см; 2) $n = \frac{H}{(k+1)F-h} = \frac{3}{2}$