

Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, региональный этап, 2013/14 год

ЗАДАЧА 1. Как-то теоретик Баг, гуляя по берегу моря, увидел, как отдыхающий строил замок из песка (см. рисунок). Он решил узнать, какой максимальной высоты колонну можно построить из влажного песка. В одной из работ Леонарда Эйлера он обнаружил, что максимальная высота цилиндрической колонны, изготовленной из однородного и изотропного материала, может быть рассчитана по формуле

$$H = 1,25 \cdot E^\alpha R^\beta \rho^\gamma g^\lambda,$$

где α , β , γ и λ — некоторые числовые коэффициенты, R — радиус колонны, ρ — плотность материала, из которого она изготовлена, g — ускорение свободного падения, E — модуль Юнга. Баг рассчитал, что если колонну сделать из влажного песка, то при её радиусе $R_1 = 5$ см высота колонны окажется 1,0 м. Друг Бага, экспериментатор Глюк, решил собрать более «солидную» колонну. Он сделал радиус её основания $R_2 = 15$ см. Колонна какой высоты получилась у Глюка?

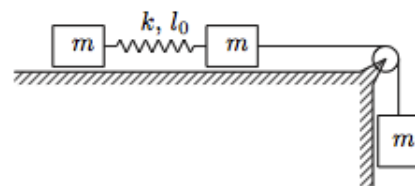
Плотность влажного песка $\rho = 1500$ кг/м³, его модуль Юнга $E = 3,0 \cdot 10^6$ Па, ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

Примечание. Модуль Юнга — это коэффициент пропорциональности между давлением (или растяжением), действующим на плоскую поверхность исследуемого образца и его относительным сжатием (удлинением).



$$m \approx 2,08 \text{ м} \left(\frac{l_0}{R} \right)^{1/3} = \tau H$$

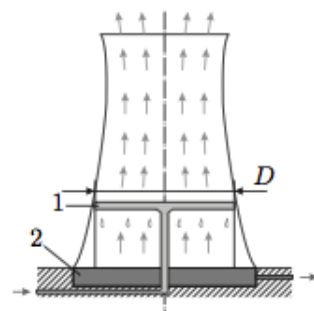
ЗАДАЧА 2. Вблизи края гладкой горизонтальной полуплоскости лежат два одинаковых груза, соединённые лёгкой нерастянутой пружиной, длина которой равна l_0 , а жёсткость — k . К грузу, ближайшему к краю плоскости, с помощью нерастяжимой нити, перекинутой через лёгкий блок, прикреплен ещё один такой же груз массой m (см. рисунок). Его удерживают так, что участок нити, идущий от блока к этому грузу, вертикален. Нижний груз отпускают.



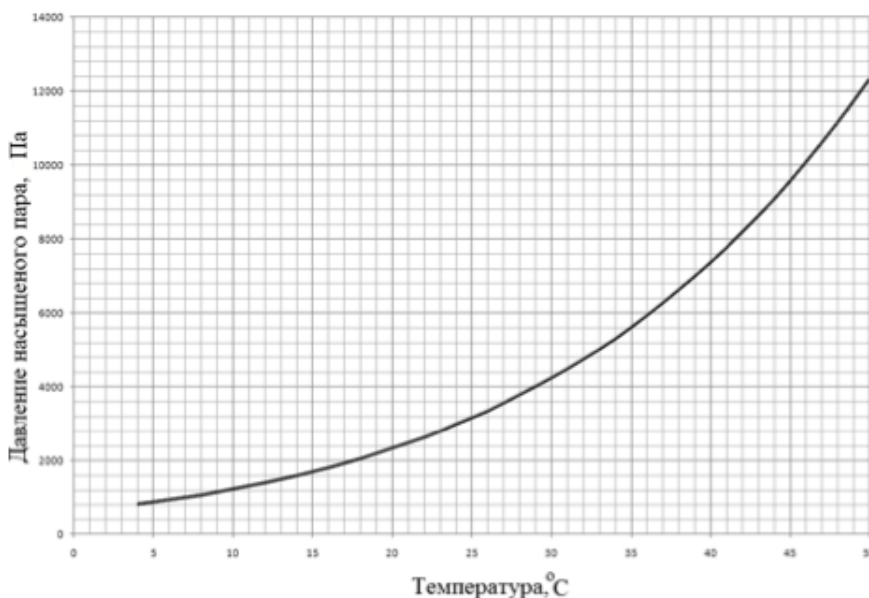
Через какое минимальное время τ удлинение Δl пружины станет максимальным? Найдите это удлинение.

$$\tau = \pi \sqrt{\frac{2m}{3k}}, \quad \Delta l_{\max} = \frac{3k}{2mg}$$

ЗАДАЧА 3. На промышленных предприятиях для охлаждения больших объёмов воды используют градирни (рисунок справа). Рассмотрим идеализированную градирню, представляющую собой широкий цилиндр диаметром $D = 15$ м, в котором на некоторой высоте H от основания через специальные форсунки (1) распыляется горячая вода, температура которой $t_1 = 50^\circ\text{C}$. По мере падения она остывает до температуры $t_2 = 28^\circ\text{C}$. Посредством вентилятора навстречу падающим каплям снизу со скоростью $u = 2,0$ м/с поднимается воздух при температуре $t_0 = 29^\circ\text{C}$. Считайте, что его температура на протяжении всего пути остаётся неизменной, а влажность меняется от $\varphi = 40\%$ на входе до $\varphi_1 = 100\%$ на выходе из градирни. Какова производительность q градирни, то есть сколько тонн воды охлаждается в ней за один час?



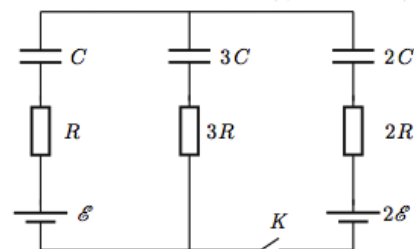
Справочные данные для воды: удельная теплоёмкость $c = 4200$ Дж/(кг · °С); удельная теплота парообразования $L = 2,3 \cdot 10^6$ Дж/кг, температурная зависимость давления насыщенных паров приведена на графике (рисунок внизу).



$$b = \frac{D^2 n_{\text{прис}} c (t_1 - t_2)}{L(\varphi_1 - \varphi)} \approx 150 \text{ кг/ч} = 540 \text{ т/ч}$$

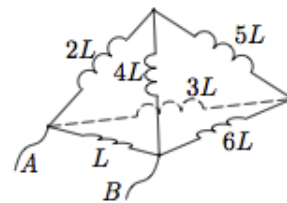
ЗАДАЧА 4. Параметры электрической цепи указаны на схеме (см. рисунок). Вначале ключ K разомкнут.

- 1) Определите напряжение на конденсаторе ёмкостью C .
- 2) Определите силу тока, который потечёт через резистор сопротивлением $3R$ сразу после замыкания ключа K .
- 3) Какое напряжение установится на конденсаторе ёмкостью C после того, как переходные процессы в цепи завершатся?



$$\mathcal{E}_1^0 = \Omega \quad (\mathcal{E}; \frac{R}{L} = 0; I_0; \mathcal{E}_3^0 = 0; \Omega)$$

ЗАДАЧА 5. Шесть идеальных катушек индуктивности соединили в электрическую цепь так, что катушки образовали рёбра тетраэдра (см. рисунок). К вершинам A и B подсоединили последовательно соединённые резистор сопротивлением $R = 100$ Ом, батарейку с ЭДС $\mathcal{E} = 4,6$ В, миллиамперметр и ключ. Индуктивность катушки $L = 1$ мГн. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



1) Вычислите силу тока I_{60} , протекающего через миллиамперметр спустя 1 минуту после замыкания ключа.

2) Вычислите силу тока, протекающего через каждую из катушек в тот момент, когда сила тока, протекающего через миллиамперметр, равна $I_A = 23$ мА.

$I_1 = 18 \text{ мА}, I_2 = 3 \text{ мА}, I_3 = 2 \text{ мА}, I_4 = 3 \text{ мА}, I_5 = 2 \text{ мА}, I_6 = 2 \text{ мА} \quad (1)$
