

## Всероссийская олимпиада школьников по физике

9 класс, финал, 2012/13 год

ЗАДАЧА 1. Две частицы начали движение из одной точки во взаимно перпендикулярных направлениях (рис.). Первая — с начальной скоростью  $3v$  и постоянным ускорением  $3a$ , сонаправленным с начальной скоростью, другая — со скоростью  $4v$  и постоянным ускорением  $4a$ , направленным противоположно начальной скорости.

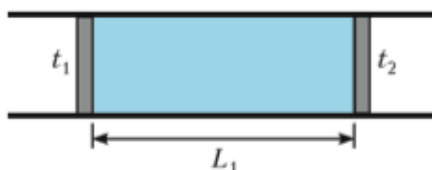


Численно  $a = 0,538 \text{ м/с}^2$ ,  $v = 10 \text{ м/с}$ .

Каким будет расстояние  $L$  между частицами в момент, когда их относительная скорость по модулю опять станет равна начальной относительной скорости? Чему будет равна минимальная относительная скорость  $v_{\text{отн}}$  частиц?

$$v_{\text{отн}} = \sqrt{v^2 + a^2 t^2} = \sqrt{10^2 + 0,538^2 t^2} \approx \frac{10 \sqrt{1 + 0,00285 t^2}}{1} = 10$$

ЗАДАЧА 2. В теплоизолированном цилиндре на расстоянии  $L_1 = 80 \text{ см}$  друг от друга находятся два легкоподвижных теплопроводящих поршня. Пространство между ними заполнено водой, а снаружи на поршни действует атмосферное давление (рис.).



Слева от левого поршня включили холодильник, который поддерживает постоянную температуру  $t_1 = -40^\circ\text{C}$ , а справа от правого — нагреватель, поддерживающий постоянную температуру  $t_2 = 16^\circ\text{C}$ . Через некоторое время система пришла в стационарное состояние, и расстояние между поршнями стало  $L_2$ .

После этого поршни снаружи теплоизолировали и дождалась установления теплового равновесия в цилиндре. Расстояние между поршнями стало  $L_3$ . Найдите расстояния  $L_2$  и  $L_3$ . Плотность льда  $\rho_{\text{л}} = 900 \text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $\rho_{\text{в}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ , удельная теплоёмкость воды  $c_{\text{в}} = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ , удельная теплоёмкость льда  $c_{\text{л}} = 2100 \text{ Дж/(кг} \cdot ^\circ\text{C)}$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 330 \text{ кДж/кг}$ , коэффициент теплопроводности льда в 4 раза больше коэффициента теплопроводности воды.

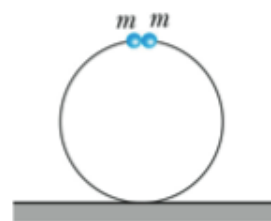
Указание. Считайте, что мощность теплового потока  $P$  вдоль цилиндра, между торцами которого поддерживается постоянная разность температур  $\Delta t$ , равна

$$P = \frac{kS\Delta t}{L},$$

где  $k$  — коэффициент теплопроводности среды,  $S$  — площадь торца цилиндра,  $L$  — длина цилиндра.

$$L_2 = \frac{L_1 \sqrt{c_{\text{л}} \rho_{\text{л}} (t_2 - t_1) + \lambda \rho_{\text{л}}}}{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} (t_2 - t_1)} = \frac{80 \sqrt{2100 \cdot 900 \cdot (16 - (-40)) + 330 \cdot 900}}{4200 \cdot 1000 \cdot (16 - (-40))} = 80$$

ЗАДАЧА 3. Тонкое проволочное кольцо массы  $M$  стоит на горизонтальной плоскости (рис.). По кольцу могут скользить без трения две одинаковые бусинки массой  $m$  каждая. В начальный момент времени бусинки находятся вблизи верхней точки кольца. Их одновременно отпускают, и они начинают двигаться симметрично. При каком отношении масс  $n = m/M$  кольцо оторвётся от плоскости?



$$\frac{2}{3} \leq n$$

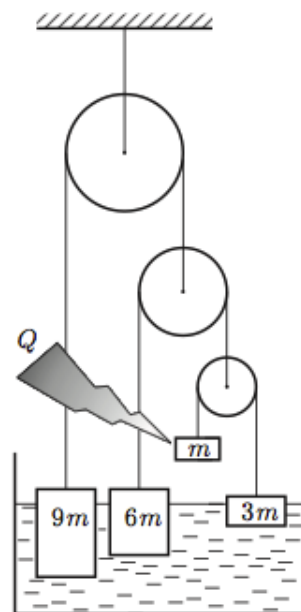
ЗАДАЧА 4. Для изучения свойств льда в лаборатории собрали установку из блоков и нитей на штативе, к которым прикрепили четыре льдинки разной массы, поместив их в цилиндрический стакан с водой. Система пришла в равновесие, когда тяжёлые льдинки частично погрузились в воду, а самая лёгкая массой  $m$  осталась висеть в воздухе (рис.).

По ходу эксперимента на льдинку, висящую в воздухе, направили луч лазера, и она стала плавиться. Талая вода при этом стекала в стакан.

После сообщения льдинке количества теплоты  $Q = 825$  Дж уровень воды в стакане изменился на  $\Delta h_1 = 1$  см. После полного плавления висящей льдинки изменение уровня по сравнению с первоначальным составило  $\Delta h_2 = 3$  см.

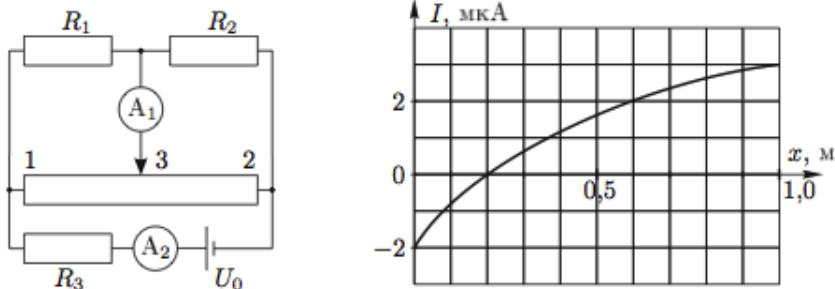
- 1) Увеличивается или уменьшается уровень воды в стакане?
- 2) Определите, чему равна площадь дна стакана.
- 3) В каком диапазоне изменялась сила натяжения нити, удерживающей льдинку массой  $6m$ ?

Считайте, что вплоть до полного плавления висящая льдинка  $m$  оставалась на нити, не касаясь воды. Блоки и нити невесома. Температура льда и воды в начале и во время эксперимента равнялась комнатной  $t_k = 0^\circ\text{C}$ . Плотность льда  $\rho_l = 900$  кг/м<sup>3</sup>, плотность воды  $\rho = 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Удельная теплота плавления льда  $\lambda = 330$  кДж/кг. Ускорение свободного падения  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



$$(1) \text{ Увеличивается; } 2) S = 20 \text{ см}^2; 3) \text{ от } \frac{1}{2} \frac{\lambda \Delta h_1}{g} \text{ до } \frac{1}{2} \frac{\lambda \Delta h_2}{g} = 0,15 \text{ Н}$$

ЗАДАЧА 5. Экспериментатор Глюк проводит опыты с электрической цепью, схема которой изображена на рисунке слева. Цепь состоит из источника неизвестного напряжения  $U_0$ , резистора  $R_3 = 1 \text{ МОм}$ , резисторов  $R_1$  и  $R_2$  с неизвестными сопротивлениями, двух идеальных амперметров и реостата 1–2 — проводника постоянного сечения, к которому подсоединён ползунок 3. Длина реостата составляет  $L = 1 \text{ м}$ , а его сопротивление  $r = 1 \text{ кОм}$ . Меняя положение ползунка реостата, Глюк построил график зависимости силы тока  $I_A$  через амперметр  $A_1$  от длины  $x$  участка 1–3 реостата (рисунок справа).



- 1) Найдите отношение сопротивлений  $R_1 : R_2$ .
- 2) Изобразите график приближённой зависимости силы тока  $I_0$  через амперметр  $A_2$  от длины  $x$  участка 1–3 реостата.

3) Найдите сопротивления резисторов  $R_1$ ,  $R_2$  и напряжение источника  $U_0$ .

*Примечание.* Все значения можно вычислять с погрешностью не более 0,1%.

(1) 1 : 4; 2) 200 Ом, 800 Ом, 3,6 В