

Межрегиональная олимпиада школьников на базе ведомственных образовательных учреждений (2013 г.).

Физика. 10 класс

Вариант 1

*Задача 1 (2 балла).* С башни высотой 30 м горизонтально с некоторой скоростью брошен стальной шарик. Через какое время он упадет на землю?

*Задача 2 (2 балла).* Начиная прыжок, гремучая змея, отталкиваясь от земли, распрямляется так, что ее голова движется примерно с постоянной скоростью 3 м/с. Найдите силу, с которой змея давит на землю во время отталкивания, если длина змеи 1 м, а масса 3 кг.

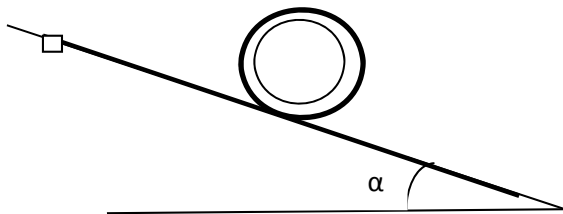
*Задача 3 (2 балла).* Электрочайник нагревается при постоянной потребляемой от сети мощности. На что потребуется больше времени – чтобы нагреть чайник от 20° до 30° или от 80° до 90°?

*Задача 4 (3 балла).* Электрон влетает в однородное электрическое поле напряженностью  $E = 3 \text{ кВ/см}$  со скоростью 5000 км/с перпендикулярно силовым линиям. Какова будет скорость электрона через 0,5 нс? (1 нс =  $10^{-9}$  с)

*Задача 5 (3 балла).* Тонкостенный стакан массы  $m$  плавает в воде вверх дном так, что его дно находится на одном уровне с поверхностью воды. Температура воды 20°C. Насколько поднимется стакан, если воду нагреть до 100°C? Площадь дна стакана  $S$ .

*Задача 6 (4 балла).* В космический корабль, движущийся в межпланетном пространстве, попадает метеорит и пробивает в корпусе корабля отверстие площадью  $s = 0,5 \text{ см}^2$ . Аварийные системы включаются, если давление воздуха уменьшается на 1%. Оценить время, через которое включатся аварийные системы, если температура внутри корабля 20°C, объем воздуха  $V = 500 \text{ м}^3$ , а первоначальное давление равно атмосферному? Молярную массу воздуха  $\mu$  считать равной 29 г/моль.

*Задача 7 (4 балла).* На наклонной плоскости с углом уклона  $\alpha$  лежит тяжелая веревка, закрепленная за верхний конец. В веревке сделана петля, в которую вставлен легкий цилиндр. С каким ускорением будет двигаться цилиндр, если его отпустить. Трением пренебречь.



*Справочные материалы.*

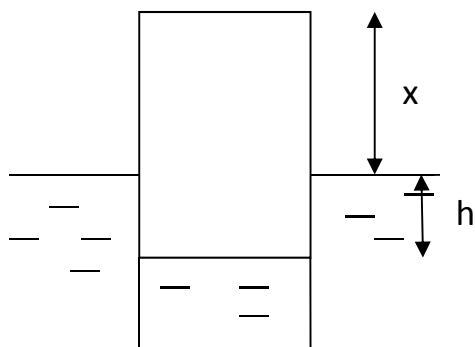
Ускорение свободного падения  $g = 10 \text{ м/с}^2$ . Молярная масса воды  $\mu = 18 \text{ кг/кмоль}$ . Атмосферное давление  $p_a = 100 \text{ кПа}$ . Отношение заряда электрона к его массе  $\gamma$  равно  $1,8 \cdot 10^{-11} \text{ Кл/кг}$ . Универсальная газовая постоянная  $R = 8,3 \text{ кДж/кмоль} \cdot \text{К}$ . Заряд электрона  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .

Решения задач олимпиады. Вариант 1

1. Начальная скорость направлена по горизонтали, поэтому начальная скорость не влияет на время движения  $t$  и оно может быть найдено из формулы  $H = gt^2/2$ , где  $g$  - ускорение свободного падения,  $H$  - высота, с которой брошено тело. Сопротивлением воздуха пренебрегаем.
2. Предположим, что змея прыгает в вертикально вверх. За малое время  $\Delta t$  приходит в движение и приобретает скорость  $v$  элемент змеи длиной  $v\Delta t$  и массой  $\Delta m = mv\Delta t/l$ , где  $l$  - длина змеи. Импульс, который получает этот элемент, равен  $\Delta mv$ . Тогда сила  $F$ , действующая на него, находится из второго закона Ньютона  $F\Delta t = \Delta mv$ . Откуда  $F = mv^2/l$ . Такая же по величине сила действует на землю. Кроме того, на землю действует вес змеи.
3. Поскольку теплоотдача прямо пропорциональна разности температур, чайник будет больше отдавать тепла окружающей среде при температуре от  $80^\circ$  до  $90^\circ$  и в этом случае потребуется больше тепла для его нагрева.
4. В электрическом поле на электрон действует сила  $F = eE$ , где  $e$  - заряд электрона,  $E$  - напряженность электрического поля. Эта сила перпендикулярна начальной скорости электрона  $v$ . Под действием этой силы электрон, имеющий массу  $m$ , получает ускорение  $a = eE/m$  и приобретает за время  $\tau$  составляющую скорости (в перпендикулярном полю направлению) равную  $a\tau$ . Полная скорость при этом будет равна

$$\sqrt{v^2 + (eE\tau/m)^2}.$$

5.



Введем обозначения:  $\rho$  - плотность воды,  $p_0$  - атмосферное давление,  $h$  - расстояние от поверхности воды в стакане до поверхности воды вне стакана (см. рис.),  $x$  - на сколько поднимется стакан,  $T_1$  и  $T_2$  - начальная и конечная температуры,  $g$  - ускорение свободного падения,  $m$  - масса стакана,  $S$  - площадь поперечного сечения,  $p_1$  - давление воздуха в стакане в при  $20^\circ\text{C}$ , а  $p_2$  - давление воздуха в стакане при  $100^\circ\text{C}$ .

В обоих случаях стакан находится в равновесии, т.е. сила давления на дно изнутри уравновешивает силу тяжести и силу атмосферного давления. Внутри стакана находится воздух и насыщенный водяной пар. При  $20^\circ\text{C}$  давлением паров воды можно пренебречь и

$$p_1 S = mg + p_0 S,$$

причем

$$p_1 = \rho gh + p_0.$$

При 100 °С (температура кипения) давление насыщенного пара равно атмосферному и давление внутри стакана равно сумме давлений воздуха и насыщенного водяного пара и

$$(p_2 + p_0)S = mg + p_0S.$$

Давление воздуха  $p_2$  меньше первоначального, т.к. стакан приподнялся и занимаемый воздухом объем увеличился. Так как масса воздуха в стакане остается постоянной, их уравнения Клапейрона-Менделеева следует, что

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

(объединенный закон), где  $V_1 = Sh$ ,  $V_2 = S(h+x)$ . Из этих уравнений получаем

$$x = \frac{1}{\rho g} \left[ \frac{T_2}{T_1} \left( p_0 + \frac{mg}{S} \right) - \frac{mg}{S} \right].$$

6. Направим ось X перпендикулярно отверстию в корпусе корабля. Пусть  $n$  - число молекул воздуха в единице объема, а  $|v_x|$  - среднее значение проекции скорости молекул на ось X. Тогда за время  $t$  через отверстие пройдут молекулы, движущиеся в сторону отверстия и находящиеся от него на расстоянии равном или меньшем  $|v_x|t$ . Число молекул, прошедших через отверстие за время  $t$

$$N = \frac{1}{2} |v_x| t S n.$$

Здесь учтено, что в сторону отверстия движется только половина молекул.

Изменение числа молекул в единице объема  $\Delta n = N/V$ . Будем считать, что температура не изменяется. Поскольку давление газа  $p$  прямо пропорционально  $n$ , то  $\Delta n/n = \Delta p/p = 0,01$ . Среднее значение проекции скорости найдем из соотношения  $v^2 = 3 |v_x|^2$ , где  $v$  - среднеквадратичная скорость, которая равна

$$v = \sqrt{\frac{3RT}{M}},$$

где  $T$  - абсолютная температура,  $M$  - молярная масса воздуха  $R$  - универсальная газовая постоянная.

Следовательно,  $t = 0,02 \frac{V}{S} \sqrt{\frac{M}{RT}}$ . Что составляет примерно 10 мин.

7. Отпустим цилиндр. Тогда за время  $t$  он, двигаясь с ускорением  $a$ , пройдет расстояние вдоль плоскости  $S = a \frac{t^2}{2}$  и опустится на высоту  $h = S \sin \alpha$ . При этом петля приобретает скорость  $v = at$  и кинетическую энергию, которая складывается из энергии ее как целого и энергии вращения вокруг центра и равна  $mv^2$ , где  $m$  - масса петли. По закону сохранения энергии  $mgh = mv^2$ . Из этих соотношений находим:  $a = \frac{1}{2} g \sin \alpha$ .