

Решения задач по физике
открытой межвузовской олимпиады школьников СФО «Будущее Сибири»
II (заключительный) этап, 2015–2016 учебный год

Каждая правильно решенная задача оценивается в 10 баллов.

Физика 8 класс

1. В теплоизолированный бак налили 9 литров воды с температурой 20°C . Затем в бак с водой стали бросать нагретые до 220°C камни. Вода закипела ровно в тот момент, когда бак оказался наполненным до краёв (все камни полностью погружены в воду). Найдите объём бака, если известно, что плотность камней в 2,5 раза больше плотности воды, а их удельная теплоёмкость (на единицу массы) в 5 раз меньше удельной теплоёмкости воды. Считать, что перед бросанием каждого следующего камня успевает установиться тепловое равновесие, потерями тепла пренебречь. Температура кипения воды 100°C .

Решение.

Камни отдают тепло, охлаждаясь от температуры $T_{\text{кам}} = 220^{\circ}\text{C}$ до $T_{\text{кип}} = 100^{\circ}\text{C}$, нагревая воду от температуры $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$ до $T_{\text{кип}}$. Запишем уравнение теплового баланса

$$c_{\text{в}} m_{\text{в}} (T_{\text{кип}} - T_{\text{в}}) = c_{\text{кам}} m_{\text{кам}} (T_{\text{кам}} - T_{\text{кип}}), \quad (1) \quad (5 \text{ б.})$$

где $c_{\text{в}}$, $m_{\text{в}}$ и $c_{\text{кам}}$, $m_{\text{кам}}$ удельные теплоёмкости и массы воды и камней, соответственно.

Объём бака V складывается из объёма воды $V_{\text{в}}$ и объёма камней $V_{\text{кам}}$:

$$V = V_{\text{в}} + V_{\text{кам}}. \quad (1 \text{ б.})$$

Выражая отсюда $V_{\text{кам}}$ и вводя плотности воды и камней $\rho_{\text{в}}$ и $\rho_{\text{кам}}$, подставим в (1):

$$c_{\text{в}} \rho_{\text{в}} V_{\text{в}} (T_{\text{кип}} - T_{\text{в}}) = c_{\text{кам}} \rho_{\text{кам}} (V - V_{\text{в}}) (T_{\text{кам}} - T_{\text{кип}})$$

Выразим объём бака:

$$V = V_{\text{в}} \left(1 + \frac{c_{\text{в}} \rho_{\text{в}}}{c_{\text{кам}} \rho_{\text{кам}}} \frac{(T_{\text{кип}} - T_{\text{в}})}{(T_{\text{кам}} - T_{\text{кип}})} \right). \quad (2 \text{ б.})$$

Подставив численные значения, получим

$$\text{ответ: } V = 21 \text{ л.} \quad (2 \text{ б.})$$

2. Человек, выгуливая собаку, идёт по прямому тротуару с постоянной скоростью $u = 5$ км/ч. Собака стартует от него и бежит вперёд на всю длину поводка с постоянной скоростью $v = 15$ км/ч. Когда поводок натягивается, собака разворачивается и бежит обратно к хозяину. Достигнув хозяина, собака повторяет свой маршрут. Какой путь пройдёт человек, когда собака вернётся к нему $N = 100$ раз? Длина поводка $l = 10$ м.

Решение.

Собака пробегает вперёд от хозяина до натяжения поводка расстояние l за время

$$t_1 = \frac{l}{u - v}. \quad (2 \text{ б.})$$

Обратно к хозяину собака пробегает это же расстояние за время

$$t_2 = \frac{l}{u + v}. \quad (2 \text{ б.})$$

Тогда на N циклов собаке потребуется время

$$T = N(t_1 + t_2) = \frac{2Nlu}{u^2 - v^2}. \quad (2 \text{ б.})$$

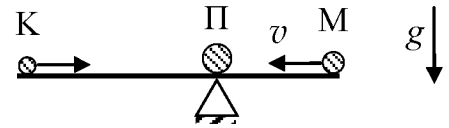
За это время человек пройдёт расстояние

$$L = vT = \frac{2Nlvu}{u^2 - v^2}. \quad (2 \text{ б.})$$

Подставив численные значения, получим

$$\text{ответ: } L = 750 \text{ м.} \quad (2 \text{ б.})$$

3. На противоположных концах лёгких разноплечих весов сидят Муха-Цокотуха и Комар. У основания весов находится Паук. Известно, что масса Паука в 2 раза больше, чем масса Мухи, и в 4 раза больше, чем масса Комара. Изначально весы находились в равновесии в горизонтальном положении. Затем Муха и Комар начинают двигаться навстречу друг другу с одинаковыми скоростями v . С какой скоростью и в каком направлении должен двигаться Паук, чтобы весы оставались горизонтальными?



Решение.

Пусть масса Комара m , тогда масса Мухи $2m$, а Паука $4m$. Обозначим длины рычагов весов, на которых сидят Муха и Комар за l и L соответственно. Запишем условие равновесия в начальный момент времени, выражающееся в равенстве моментов сил, приложенных к рычагам весов:

$$2mgl = mgL, \quad (2 \text{ б.})$$

где g — ускорение свободного пробегга. Тогда

$$L = 2l. \quad (1 \text{ б.})$$

Через время t после того, как Муха и Комар начнут двигаться, сумма моментов сил, действующих на весы относительно точки опоры, будет равна

$$N = mg(2l - vt) - 2mg(l - vt). \quad (1 \text{ б.})$$

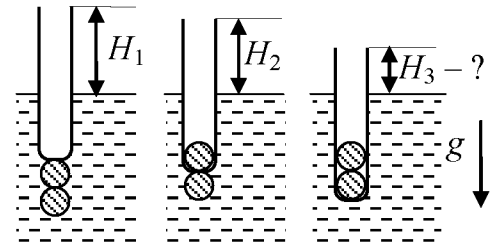
Чтобы весы оставались горизонтальными Паук тоже должен начать двигаться со скоростью $v_{\text{п}}$ в сторону Мухи Тогда условие равновесия переписется в виде

$$mg(2l - vt) = 2mg(l - vt) + 4mgv_{\text{п}}t. \quad (4 \text{ б.})$$

Выразив отсюда скорость паука, получим

$$\text{ответ: } v_{\text{п}} = v/4, \text{ в сторону Мухи.} \quad (2 \text{ б.})$$

4. В воде плавает цилиндрическая пробирка, к основанию которой прикреплено два одинаковых куска пластилина. При этом расстояние от верхнего края до уровня воды — H_1 . Один кусок пластилина переместили внутрь пробирки, после чего расстояние от верхнего края пробирки до уровня воды стало равно H_2 . Каким будет расстояние от верхнего края пробирки до уровня воды, если и второй кусок пластилина переместить внутрь пробирки?



Решение.

Сначала на пробирку действуют сила тяжести пробирки $F_{\text{пр}}$, сила тяжести двух кусков пластилина $2F_{\text{пл}}$, сила Архимеда со стороны пластилина $2F_{\text{Апл}}$, и сила Архимеда со стороны пробирки $F_{\text{тпр}} = \rho S(L - H_1)g$, где ρ — плотность воды, S и L — площадь сечения и длина пробирки, а g — ускорение свободного падения. Запишем второй закон Ньютона для этого случая:

$$F_{\text{пр}} + 2F_{\text{пл}} = 2F_{\text{Апл}} + \rho S(L - H_1)g. \quad (1) \quad (4 \text{ б.})$$

После того как один кусок пластилина переложили внутрь пробирки второй закон Ньютона переписывается в виде

$$F_{\text{пр}} + 2F_{\text{пл}} = F_{\text{Апл}} + \rho S(L - H_2)g. \quad (2) \quad (2 \text{ б.})$$

Если второй один кусок пластилина переложить внутрь пробирки, то второй закон Ньютона переписывается в виде

$$F_{\text{пр}} + 2F_{\text{пл}} = \rho S(L - H_3)g. \quad (3) \quad (2 \text{ б.})$$

Вычтя из (1) удвоенное уравнение (2) и добавив (3), получим:

$$0 = \rho S(L - H_1)g - 2\rho S(L - H_2)g + \rho S(L - H_3)g.$$

Выражая отсюда H_3 , получим

$$\text{ответ: } H_3 = 2H_2 - H_1 \quad (2 \text{ б.})$$