

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

2013/2014

Второй (окружной) этап 9 класс

Критерии

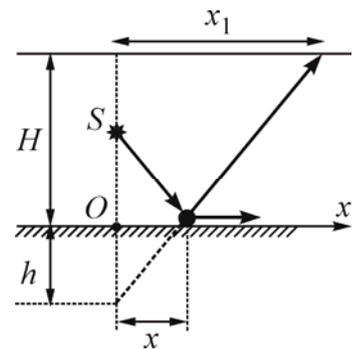
Задача 9-1

Под настольной лампой, находящейся на высоте $h = 1$ м над поверхностью стола, по столу проложены прямые рельсы (проходящие строго под лампой). По ним со скоростью $V = 1$ м/с катится маленькая тележка с лежащим на ней горизонтально зеркальцем. С какой скоростью u бежит светлое пятнышко по потолку? Высота потолка над поверхностью стола $H = 2$ м.

Решение

Изобразим ход лучей на рисунке. Координата светлого пятна x_1 связана с координатой тележки x соотношением подобия $x_1 : x = (H + h) : h$. Принимая в качестве начала отсчета времени момент прохождения тележки под лампой, запишем зависимость координаты x тележки от времени t : в силу равномерности движения эта зависимость имеет вид $x = Vt$. Отсюда $x_1 = \frac{H + h}{h} Vt$. Следовательно, скорость пятна

$$u = \frac{x_1}{t} = \frac{H + h}{h} V = 3 \text{ м/с.}$$



Ответ: скорость движения светлого пятнышка по потолку составляет $u = \frac{H + h}{h} V = 3$ м/с.

Задача 9-2

Из танка, двигающегося со скоростью $u = 15$ м/с, в направлении его движения выпускают снаряд. Начальная скорость снаряда относительно Земли направлена под таким углом α к горизонту, что $\text{tg } \alpha = 0,2$. К моменту падения снаряда на Землю танк проехал $1/20$ дальности полета снаряда. Определите максимальную высоту h , на которую поднялся снаряд во время полета. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с².

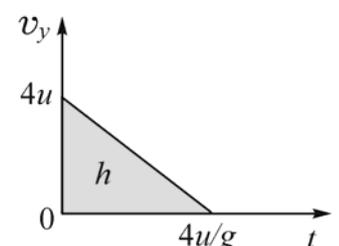
Решение

Направим ось X горизонтально, ось Y вертикально. Движение снаряда вдоль оси X является равномерным. По условию, за одно и то же время снаряд проходит вдоль оси X расстояние, в 20 раз большее, чем танк. Следовательно, скорость снаряда вдоль оси X в 20 раз больше скорости танка и равна $V_x = 20u$.

Поскольку вначале снаряд двигался относительно Земли под углом к горизонту, тангенс которого был равен 0,2, начальная скорость снаряда V_{y0} вдоль оси Y выражается через V_x соотношением $V_{y0} = 0,2V_x$ и $V_{y0} = 4u$.

Движение снаряда вдоль оси Y является равноускоренным с ускорением g , направленным вниз. График зависимости скорости снаряда V_y вдоль оси Y от времени t до момента достижения максимальной высоты изображен на рисунке. Максимальная высота h является площадью под данным графиком: $h = (1/2) \cdot (4u) \cdot (4u/g) = 8u^2/g = 180$ м.

Тот же результат можно получить, записав кинематические соотношения для движения снаряда вдоль оси Y :



$$h = V_{y0}\tau - \frac{g\tau^2}{2}, \text{ и } V_y = V_{y0} - g\tau = 0,$$

где $\tau = 4u/g$ – время подъема снаряда на максимальную высоту.

Также можно воспользоваться законом сохранения механической энергии.

Ответ: максимальная высота h , на которую поднялся снаряд во время полета, составляет $h = 8u^2/g = 180$ м.

Задача 9-3

Школьник Станислав проводит опыт с однородным цилиндром массой $M = 1$ кг и длиной $L = 1$ м. Прикрепив при помощи тонких легких нитей к одному концу цилиндра гирию массой $M = 1$ кг, а к другому – груз массой $3M = 3$ кг, Станислав уравнивает цилиндр на пальце. На каком расстоянии от гири должен находиться палец?

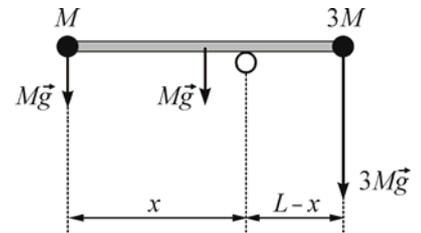
Решение

Пусть x – расстояние от пальца до гири (см. рис.). Запишем правило рычага относительно оси, совпадающей с пальцем:

$$3Mg(L - x) = Mg(x - L/2) + Mgx.$$

Отсюда $x = 0,7L = 0,7$ м.

Ответ: палец находится на расстоянии $0,7L = 0,7$ м от гири.



Задача 9-4

Если полностью открыть только горячий кран, то ведро объемом $V_1 = 10$ л наполняется за $\tau_1 = 100$ с, а если полностью открыть только холодный кран, то банка объемом $V_2 = 3$ л наполняется за $\tau_2 = 24$ с. Температура горячей воды $t_1 = 70$ °С, а холодной воды $t_2 = 20$ °С. Определите, за какое время τ наполнится водой кастрюля емкостью $V = 4,5$ л, если оба крана открыты полностью. Определите температуру t воды, вытекающей из смесителя, если оба крана открыты полностью и тепловое равновесие устанавливается, пока вода находится в смесителе.

Решение

Расход воды из горячего крана составляет $u_1 = V_1/\tau_1$, а из холодного крана $u_2 = V_2/\tau_2$. Следовательно, общий расход воды равен $u_1 + u_2$. Поэтому кастрюля емкостью V наполнится водой

$$\text{за время } \tau = \frac{V}{u_1 + u_2} = \frac{V}{V_1/\tau_1 + V_2/\tau_2} = \frac{V\tau_1\tau_2}{V_1\tau_2 + V_2\tau_1} = 20 \text{ с.}$$

Пусть ρ – плотность воды, c – ее удельная теплоемкость. За время τ_0 вытекающая из горячего крана масса воды $\rho u_1 \tau_0$ при охлаждении от температуры t_1 до температуры t отдает количество теплоты $c\rho u_1 \tau_0 (t_1 - t)$. За это же время вытекающая из холодного крана масса воды $\rho u_2 \tau_0$ при нагревании от температуры t_2 до температуры t получает количество теплоты $c\rho u_2 \tau_0 (t - t_2)$.

$$\text{Следовательно, } c\rho u_1 \tau_0 (t_1 - t) = c\rho u_2 \tau_0 (t - t_2) \text{ и } t = \frac{u_1 t_1 + u_2 t_2}{u_1 + u_2} = \frac{t_1 (V_1/\tau_1) + t_2 (V_2/\tau_2)}{(V_1/\tau_1) + (V_2/\tau_2)} = \frac{t_1 V_1 \tau_2 + t_2 V_2 \tau_1}{V_1 \tau_2 + V_2 \tau_1} \approx$$

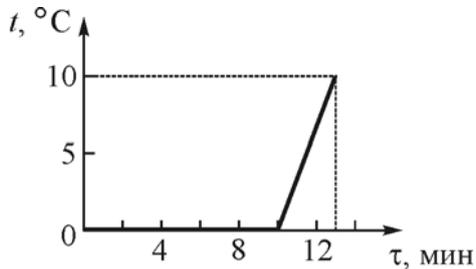
42 °С.

Ответ: кастрюля емкостью $V = 4,5$ л наполнится водой за время $\tau = \frac{V\tau_1\tau_2}{V_1\tau_2 + V_2\tau_1} = 20$ с;

температура вытекающей из смесителя воды составляет $t = \frac{t_1 V_1 \tau_2 + t_2 V_2 \tau_1}{V_1 \tau_2 + V_2 \tau_1} \approx 42$ °С.

Задача 9-5

В калориметр с водой и льдом погрузили проволоку сопротивлением $R = 800$ Ом и стали пропускать ток силой $I = 1$ А. На графике приведена зависимость температуры T в калориметре от времени t . Определите начальную массу льда m_1 и начальную массу воды в жидком состоянии m_2 . Удельная теплота плавления льда $\lambda = 336$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С).



Решение

Как следует из графика, за время $\tau_1 = 10$ мин. = 600 с в калориметре плавится лед, а еще за время $\tau_2 = 3$ мин. = 180 с вся вода нагревается от 0 °С до 10 °С, на $\Delta t = 10$ °С. На первом этапе получено количество теплоты λm_1 , на втором этапе – количество теплоты $c(m_1 + m_2)\Delta t$. Поскольку мощность электронагревателя составляет $I^2 R$, составим уравнения: $I^2 R \tau_1 = \lambda m_1$ и $I^2 R \tau_2 = c(m_1 + m_2)\Delta t$. Следовательно, $m_1 = I^2 R \tau_1 / \lambda \approx 1,43$ кг и $m_2 = I^2 R \tau_2 / (c \Delta t) - m_1 \approx 2$ кг.

Ответ: начальная масса льда $m_1 = I^2 R \tau_1 / \lambda \approx 1,43$ кг, начальная масса воды $m_2 = I^2 R \tau_2 / (c \Delta t) - m_1 \approx 2$ кг.