

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

2013/2014

Второй (окружной) этап 10 класс

Критерии

Задача 10-1

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

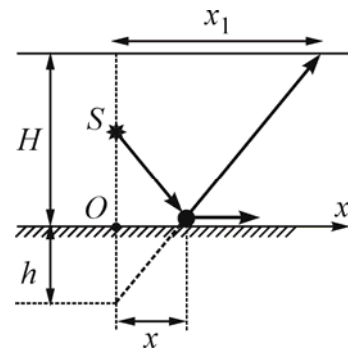
Изобразим ход лучей на рисунке. Координата светлого пятна x_1 связана с координатой тележки x соотношением подобия $x_1 : x = (H + h) : h$. Принимая в качестве начала отсчета времени момент прохождения тележки под лампой, запишем зависимость координаты x тележки от времени t : в силу равномерности движения 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 10-2

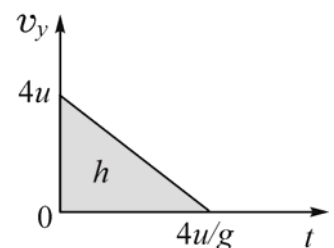
Из танка, двигающегося со скоростью $u = 15$ м/с, в направлении его движения выпускают снаряд. Начальная скорость снаряда относительно Земли направлена под таким углом α к горизонту, что $\text{tg } \alpha = 0,2$. К моменту падения снаряда на Землю танк проехал $1/20$ дальности полета снаряда. Определите 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 10-3

Приспособление, позволяющее человеку балансировать над поверхностью водоема, состоит из платформы, к которой снизу подходит шланг. По этому шлангу насос, установленный на плавающей поблизости лодке, может прокачивать воду с максимальной скоростью $V = 7$ м/с. Вода бьет в платформу вертикально вверх, ударяется о платформу и разлетается горизонтально во все стороны. Внутренний радиус шланга $r = 8$ см. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с², плотность воды $\rho = 1000$ кг/м³. Человека какой массой M способно удерживать это приспособление? Массой платформы и шлангов можно пренебречь. Предложите и разъясните способ управления высотой «полета».

Решение

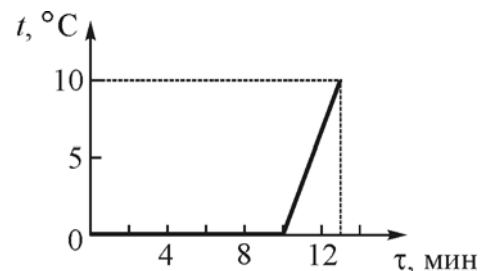
За промежуток времени τ из шланга вытекает объем воды $\pi r^2 V \tau$. Импульс этого объема, равный $\rho \pi r^2 V \tau \cdot V$, передается платформе. Действующая на платформу с человеком со стороны воды сила равна переданному за единицу времени импульсу, то есть $\rho \pi r^2 V^2$. Поскольку она уравнивается силой тяжести, действующей на человека, имеем: $\rho \pi r^2 V^2 = Mg$ и $M = \rho \pi r^2 V^2 / g \approx 98,5$ кг.

Чтобы увеличить высоту полета, можно немного увеличить скорость вытекания воды V (платформа будет двигаться вверх), а затем вернуться к исходному значению скорости. Для уменьшения высоты полета надо, наоборот, ненадолго уменьшить скорость вытекания воды.

Ответ: приспособление способно удерживать человека с массой $M = \rho \pi r^2 V^2 / g \approx 98,5$ кг; способ управления высотой полета предложен в тексте решения.

Задача 10-4

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).



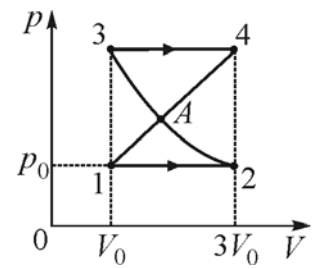
Решение

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.

Задача 10-5

Над воздухом проводят процесс, изображенный на рисунке. Участки 12 и 34 представлены на графике горизонтальными прямыми линиями, участок 14 – наклонной прямой линией. На участке 23 температура воздуха постоянна. Объем воздуха в точке 3 совпадает с его объемом в точке 1 и равен $V_0 = 1$ л, а объем в точке 4 совпадает с объемом в точке 2 и равен $3V_0$. Минимальное давление в процессе $p_0 = 10^5$ Па. Найдите координаты точки A самопересечения на pV -диаграмме.



Решение

Поскольку на участке 23 температура постоянна, давление на этом участке обратно пропорционально объему, и произведение давления на объем в любой точке участка равно этому произведению в точке 2. Значит, уравнение процесса 23 имеет вид: $pV = p_0 \cdot 3V_0$. В частности, в точке 3 (а значит и в точке 4) давление должно быть равно $3p_0$. Поэтому прямая 14 проходит через точки $(p_0; V_0)$ и $(3p_0; 3V_0)$. Ее уравнение $p/p_0 = V/V_0$. Обозначая давление и объем в точке A через $p = xp_0$ и $V = xV_0$, из уравнения процесса 23 получим: $x^2 = 3$ и $x = \sqrt{3} \approx 1,73$. Следовательно, давление в точке самопересечения составляет $\approx 1,73 \cdot 10^5$ Па, а объем $\approx 1,73$ л.

Ответ: давление в точке самопересечения составляет $\approx 1,73 \cdot 10^5$ Па, а объем $\approx 1,73$ л.