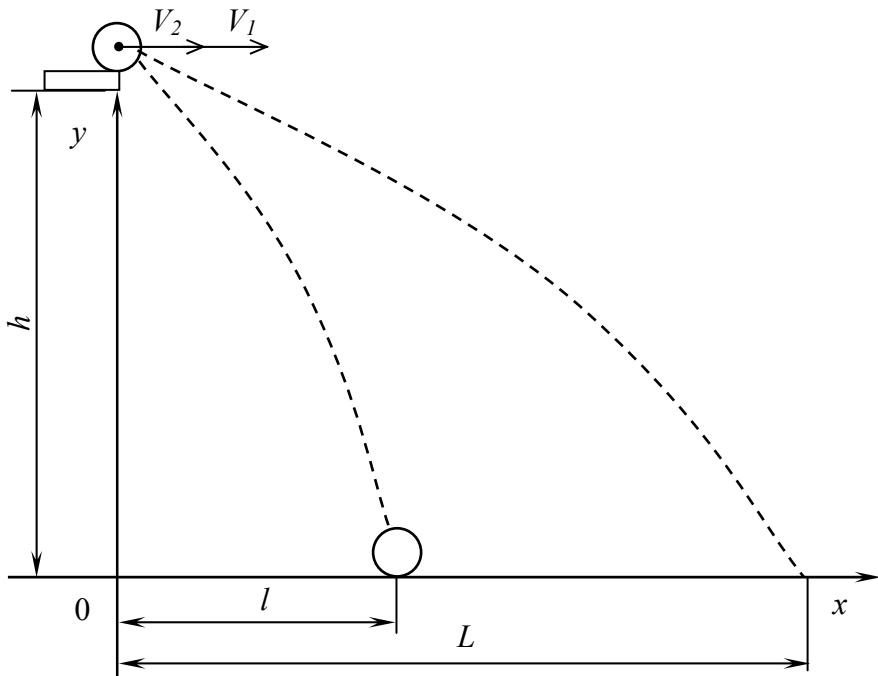


## 9 класс

**Задача 1.** На подставке высотой  $h = 5\text{м}$  лежит шар массой  $M = 200\text{г}$ . Пуля массой  $m = 10\text{г}$ , летящая в горизонтальном направлении со скоростью  $V = 500\text{ м/с}$ , пробивает шар точно по диаметру. На каком расстоянии  $L$  упадет на землю пуля, если шар падает на землю на расстоянии  $l = 20\text{м}$  от основания подставки? Сопротивлением воздуха пренебречь.

### Решение



Обозначив через  $V_1$  и  $V_2$  модули скоростей пули и шара соответственно после вылета пули из шара (см. рисунок), запишем кинематические уравнения движения пули и шара:

$$L = V_1 t. \quad (1)$$

$$l = V_2 t. \quad (2)$$

$$y = h - gt^2/2. \quad (3)$$

Время падения пули и шара найдем из выражения (3) при  $y = 0$ :

$$t = \sqrt{2h/g}.$$

Для проекций импульсов на горизонтальную ось, направленную по вектору  $\vec{V}_1$  на основании закона сохранения импульса можно записать уравнение:

$$mV = mV_1 + MV_2,$$

из которого следует, что

$$V_1 = V - \frac{M}{m} V_2. \quad (4)$$

Подставляя из (2) в (4) величину  $V_2$ , получим:

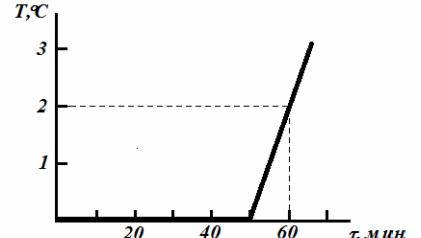
$$V_1 = V - \frac{M}{m} \frac{l}{t}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (1), получим:

$$L = V \sqrt{\frac{2h}{g}} - \frac{M}{m} l = 500 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 5}{10}} - \frac{0,2}{0,01} \cdot 20 = 100 \text{ м.}$$

**Ответ:**  $L = 100 \text{ м.}$

**Задача 2.** В ведре находится смесь воды со льдом массой  $m = 10 \text{ кг}$ . Ведро внесли в комнату и сразу же начали измерять температуру смеси. Получившаяся зависимость температуры смеси от времени  $T(\tau)$  приведена на рисунке. Удельная теплоемкость воды равна  $c = 4200 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ , удельная теплота плавления льда  $\lambda = 340 \text{ кДж/кг}$ . Определите массу льда в ведре, когда его внесли в комнату.



### Решение

Как видно из графика, первые 50 минут температура смеси не изменилась и оставалась равной  $0^\circ\text{C}$ . Все это время теплота, получаемая смесью из комнаты, шла на таяние льда. Через 50 минут весь лед растаял, и температура воды начала повышаться. За 10 минут (от  $\tau_1 = 50 \text{ мин}$  до  $\tau_2 = 60 \text{ мин}$ ) температура воды повысилась на  $\Delta T = 2^\circ\text{C}$ . Теплота, поступившая к воде за это время из комнаты, равна

$$q = c_B m_B \Delta T = 4200 \cdot 10 \cdot 2 = 84000 \text{ Дж.}$$

Значит, за первые 50 минут к смеси из комнаты поступило количество теплоты  $Q = 5q = 420000 \text{ Дж}$ . Эта теплота и пошла на таяние массы льда. Отсюда масса льда в ведре, внесенном в комнату

$$m = \frac{Q}{\lambda} = \frac{420000}{340000} \approx 1,2 \text{ кг.}$$

**Ответ:**  $m \approx 1,2 \text{ кг.}$

**Задача 3.** Вертолет взлетает с аэродрома по вертикали с ускорением  $a = 3 \text{ м/с}^2$  и начальной скоростью, равной нулю. Через некоторое время  $t_1$  пилот выключил двигатель. Звук на земле в месте взлета перестал быть слышен спустя время  $t_2 = 30\text{с}$ . Определите скорость вертолета в момент выключения двигателя. Скорость звука в воздухе равна  $320 \text{ м/с}$ .

### Решение

В момент выключения пилотом двигателя вертолет находился на высоте

$$h = at_1^2 / 2.$$

Учитывая, что звук перестал быть слышен на земле спустя время  $t_2$ , получим уравнение:

$$t_2 = t_1 + \frac{at_1^2}{2c},$$

где справа мы учли время подъема вертолета на высоту  $h$  и время, которое шел звук с высоты  $h$  до земли. Решая полученное квадратное уравнение, найдем величину

$$t_1 = \sqrt{\left(\frac{c}{a}\right)^2 + 2\frac{c}{a}t_2 - \frac{c}{a}}.$$

Мы отбросили второй корень уравнения, поскольку он не имеет физического смысла.

Скорость вертолета в момент прекращения работы двигателя будет равна

$$\begin{aligned} V &= at_1 = a \left[ \sqrt{\left(\frac{c}{a}\right)^2 + 2\frac{c}{a}t_2} - \frac{c}{a} \right] = \sqrt{c^2 + 2act_2} - c = \sqrt{320^2 + 2 \cdot 3 \cdot 320 \cdot 30} - 320 = \\ &= 80 \text{ м/с}. \end{aligned}$$

**Ответ:**  $V = 80 \text{ м/с}$ .

**Задача 4.** Кабина, к потолку которой подвешен качающийся математический маятник длиной  $l = 1\text{м}$ , начинает опускаться вертикально вниз с ускорением  $a = g/4$ . Определить период гармонических колебаний маятника.

### Решение

Период гармонических колебаний математического маятника определяется по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}.$$

При ускоренном движении точки подвеса период колебаний определяется по формуле

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g'}},$$

где ускорение маятника  $g'$  можно найти из соотношения

$$\vec{g}' = \vec{g} + \vec{a}.$$

Вектор  $\vec{a}$  равен по модулю ускорению точки подвеса и противоположен ему по направлению.

Отсюда при движении точки подвеса вниз с ускорением  $\vec{a}$  ускорение маятника

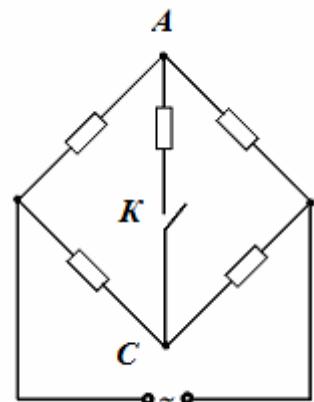
$$g' = g - a.$$

Тогда период колебаний будет равен

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g-a}} = 2\pi \sqrt{\frac{1}{10 - \frac{1}{4} \cdot 10}} \approx 2,3c.$$

Ответ:  $T \approx 2,3c$ .

**Задача 5.** Пять одинаковых сопротивлений (спиралей для электрических плиток) включены по схеме, указанной на рисунке. Как изменится накал правой верхней спирали, если замкнуть ключ  $K$ ?



### Решение

Из соображений симметрии можно заметить, что потенциалы точек  $A$  и  $C$  в любой момент времени будут одинаковыми, поэтому замыкание ключа  $K$  не приведет к изменению работы схемы, и накал спирали не изменится.