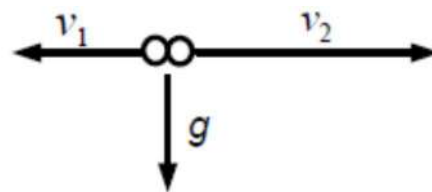


## 10 класс

### Задача 1

Из одной точки одновременно вылетают две частицы с горизонтальными противоположно направленными скоростями  $v_1 = 2$  м/с и  $v_2 = 5$  м/с (см. рис.) Через какой интервал времени угол между направлениями скоростей этих частиц станет равным  $90^\circ$ . Ускорение свободного падения считать равным  $g = 10$  м/с.



#### Решение:

Введём прямоугольную систему координат в плоскости движения частиц. Её начало поместим в точку вылета, ось  $X$  направим горизонтально вдоль вектора скорости  $v_1$ , а ось  $Y$  — вниз. Тогда через время  $t$  проекции векторов скоростей частиц на оси координат будут равны:  $v_{1x} = v_1, v_{1y} = gt; v_{2x} = -v_2, v_{2y} = gt$ . Если угол между векторами скоростей в момент времени  $\tau$  равен  $90^\circ$ , то скалярное произведение этих векторов должно равняться нулю:  $\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = v_{1x}v_{2x} + v_{1y}v_{2y} = -v_1v_2 + g^2\tau^2 = 0$ ,

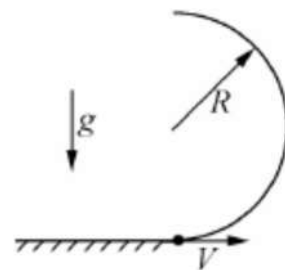
$$\text{откуда } t = \frac{\sqrt{v_1v_2}}{g} = 1\text{с}$$

#### Критерии оценивания

Правильно выбрана система координат	4 балла
Записано выражение для скалярного произведения векторов	4 балла
Найдено искомое время	2 балла

### Задача 2

Небольшая бусинка надета на проволочную полуокружность радиусом  $R$ , расположенную вертикально над плоской поверхностью. Бусинка начинает двигаться с начальной скоростью  $v$  из нижней точки полуокружности. На каком расстоянии от начального положения бусинка упадет на поверхность, сорвавшись с верхнего конца проволоки? Трением пренебречь.



#### Решение:

Из закона сохранения энергии получаем:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + 2mgR,$$

Откуда  $u = \sqrt{v^2 - 4gR}$ .

Время падения равно:  $t = \sqrt{\frac{4R}{g}}$ .

Смещение по горизонтали равно:  $s = ut = \sqrt{v^2 - 4gR} \cdot \sqrt{\frac{4R}{g}}$ .

При этом условии того, что бусинка достигнет верхнего конца проволоки, имеет вид:

$$v \geq 2\sqrt{gl}.$$

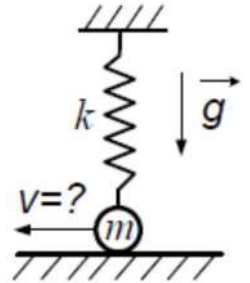
При меньшей скорости бусинка не сможет подняться в верхнюю точку.

#### Критерии оценивания

Записан закон сохранения энергии для системы и найдена скорость бусинки в верхней точке	4 балла
Найдено время падения бусинки	3 балла
Найдено искомое смещение по горизонтали	2 балла
Указано условие достижения бусинкой верхней точки	1 балл

### Задача 3

Верхняя точка недеформированной пружины жесткостью  $k$  и длиной  $l$  прикреплена к потолку, а к нижнему концу пружины прикреплен груз массой  $m$ , лежащий на гладкой горизонтальной поверхности прямо под точкой подвеса (см. рис.) Какую наименьшую скорость нужно сообщить этому грузу вдоль плоскости, чтобы он оторвался от поверхности?



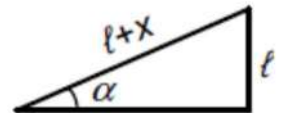
#### Решение:

Пусть удлинение пружины к моменту отрыва груза от поверхности равно  $x$ . Тогда получаем:

$$\sin \alpha = \frac{l}{l+x}.$$

В момент отрыва сила тяжести уравнивается вертикальной составляющей силы упругости пружины, а сила реакции опоры равна нулю. Следовательно, получаем:

$$mg = kx \sin \alpha = kx \frac{l}{l+x}.$$



По закону сохранения энергии имеем:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}.$$

Отсюда находим:

$$v = x \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{mgl}{kl - mg} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

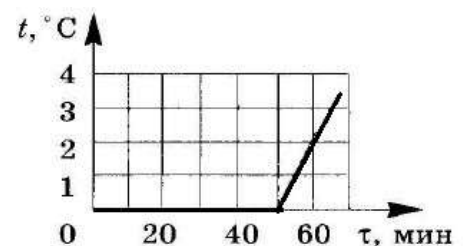
при условии, что  $kl > mg$ .

#### Критерии оценивания

Получено условие отрыва груза от поверхности	4 балла
Записан закон сохранения энергии	3 балла
Найдено искомое значение скорости	3 балла

### Задача 4

В ведре находится смесь воды со льдом. Масса смеси равна 10 кг. Ведро внесли в комнату и начали измерять температуру смеси. Получившийся график зависимости  $t$  ( $\tau$ ) приведен на рисунке. Определить массу льда в ведре, когда его внесли в комнату. Теплоемкостью ведра пренебречь. Удельная теплоемкость воды равна  $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , удельная теплота плавления льда равна  $3,4 \cdot 10^5 \text{ Дж}/\text{кг}$ .



#### Решение:

Из графика определяем, что в течение времени 50 мин происходило таяние льда, так как в это время температура не изменялась. Когда лед растаял,

температура стала подниматься. За 5 мин температура повысилась на  $1^\circ\text{C}$ , значит за такое время было получено в результате теплообмена количество теплоты  $Q_0 = cm\Delta t = 42000 \text{ Дж}$ . Очевидно, что за время таяния льда было получено в 10 раз больше тепла, т.е.  $Q = 4,2 \cdot 10^5 \text{ Дж}$ . Масса растаявшего льда (т.е. льда, имевшегося вначале) равна:

$$m_\lambda = \frac{Q}{\lambda} = 1,2 \text{ кг}$$

#### Критерии оценивания

Из графика установлено время плавления льда	3 балла
Проведено сравнение количеств теплоты, затраченных на плавление льда и на нагревание воды	4 балла
Найдено искомое значение массы льда	3 балла

#### Задача 5

Цепь собрана из одинаковых резисторов и одинаковых вольтметров (см. рис.) Показания первого и третьего вольтметров  $U_1 = 10 \text{ В}$ ,  $U_3 = 8 \text{ В}$ . Найдите показания второго вольтметра  $U_2$ .

#### Решение:

Обозначим сопротивление каждого из вольтметров  $r$ .

Тогда имеем:

$$U_3 = rI_3, U_2 = rI_2, U_1 = rI_1.$$

$$\text{С другой стороны, } U_2 = U_3 + RI_3 = U_3 + U_3 \frac{R}{r}.$$

$$U_1 = U_2 + R(I_2 + I_3) = U_2 + (U_2 + U_3) \frac{R}{r}.$$

Исключая из полученной системы уравнений отношение  $\frac{R}{r}$ , получаем:

$$U_2^2 + U_3U_2 - U_1U_3 - U_3^2 = 0.$$

Решая это уравнение, получаем  $U_2 \approx 8,6 \text{ В}$ .

#### Критерии оценивания

Установлена связь между напряжениями и значениями силы тока через вольтметры	3 балла
Получено уравнение, определяющее искомое значение напряжения	4 балла
Найдено искомое значение напряжения	3 балла

