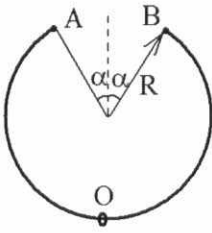


9 класс



1. Проволока изогнута по дуге окружности радиуса $R = 0,5$ м. По проволоке без трения может двигаться кольцо. Какую скорость надо сообщить кольцу, находящемуся в точке O, чтобы оно, слетев с окружности в точке A, попало на проволоку в точке B. Угол равен $\alpha = 60^\circ$. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ответ: 5 м/с

РЕШЕНИЕ

Из закона сохранения энергии $mgh + \frac{mV^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2}$. Высота $h = (R + R \cos \alpha)$

Расстояние между точками A и B равно $S = \frac{V^2 2 \sin \alpha \cos \alpha}{g} = 2R \sin \alpha$, следовательно

$V^2 = \frac{Rg}{\cos \alpha}$. Подставляем эти величины в закон сохранения энергии

$$mgR(1 + \cos \alpha) + \frac{mRg}{2 \cos \alpha} = \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow V_0^2 = \frac{gR}{\cos \alpha} + 2gR(1 + \cos \alpha) = 5gR, \text{ т.к. } \cos \alpha = \frac{1}{2}, \alpha = 60^\circ.$$

$$V_0 = \sqrt{5gR} = 5 \text{ м/с}$$

| | Критерии оценки | Балл |
|---|---|------|
| 1 | Записан закон сохранения энергии | 5 |
| 2 | Определено расстояние между точками A и B | 5 |
| 3 | Высота и дальность полета записаны через радиус | 5 |
| 4 | Определена начальная скорость | 5 |
| | | |

2. Электрический чайник имеет три обмотки. Если включить первую обмотку вода в чайнике закипит через $t_1 = 10 \text{ мин}$, при включении второй - через $t_2 = 8 \text{ мин}$, при включении третьей - через $t_3 = 15 \text{ мин}$. Через сколько минут закипит вода, если обмотки включить а) последовательно, б) параллельно. Ответ: а) 33 мин, б) 3,43 мин

РЕШЕНИЕ

Для первой обмотки $Q = \frac{U^2 t_1}{R_1} \Rightarrow R_1 = \frac{U^2}{Q} t_1 = At_1$, для второй $Q = \frac{U^2 t_2}{R_2} \Rightarrow R_2 = \frac{U^2}{Q} t_2 = At_2$,

для третьей $R_3 = At_3$. Количество теплоты $Q = \frac{U^2}{R} t \Rightarrow t = \frac{QR}{U^2} = \frac{R}{A}$.

а) При последовательном соединении сопротивление $R = R_1 + R_2 + R_3 = A(t_1 + t_2 + t_3)$, тогда $t = \frac{R}{A} = t_1 + t_2 + t_3 = 10 + 8 + 15 = 33 \text{ мин}$

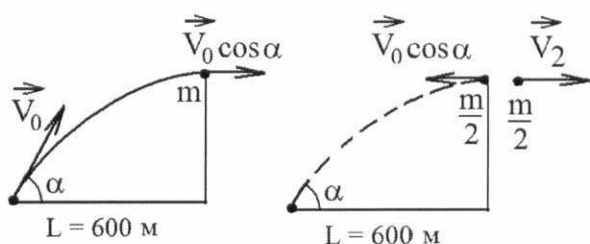
б) При параллельном соединении сопротивление найдем из условия $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$, $R = \frac{At_1t_2t_3}{t_1t_2 + t_2t_3 + t_1t_3}$.

Тогда время $t = \frac{R}{A} = \frac{t_1t_2t_3}{t_1t_2 + t_2t_3 + t_1t_3} = \frac{10 \cdot 8 \cdot 15}{80 + 120 + 150} = 3,43 \text{ мин}$.

| | Критерии оценки | Балл |
|---|--|------|
| 1 | Записан закон Джоуля-Ленца для трех обмоток | 3 |
| 2 | Записана формула для определения сопротивления при последовательном соединении обмоток | 3 |
| 3 | Записана формула для определения сопротивления при параллельном соединении обмоток | 4 |
| 4 | Определено время для последовательного соединения обмоток | 5 |
| 5 | Определено время для параллельного соединения обмоток | 5 |

3. Снаряд, вылетевший из орудия, разрывается на два одинаковых осколка в верхней точке траектории на расстоянии $L = 600 \text{ м}$ по горизонтали от орудия. Один из осколков летит в обратном направлении, возвращаясь к орудию по той же траектории, по которой летел снаряд до разрыва. На каком расстоянии S от орудия упадет второй осколок? Точка выстрела и точка падения осколков находятся на одной горизонтали. Ответ: 2400м

РЕШЕНИЕ



Скорость снаряда в верхней точке траектории $V = V_0 \cos \alpha$. Первый осколок летит в обратном направлении с прежней скоростью. Скорость второго находим из закона сохранения импульса

$$mV_0 \cos \alpha = -\frac{1}{2}mV_0 \cos \alpha + \frac{m}{2}V_2. \quad \text{Получаем}$$

$V_2 = 3V_0 \cos \alpha$, следовательно $L_2 = 3L$, а общее расстояние $S = 4L = 2400 \text{ м}$.

| | Критерии оценки | Балл |
|---|--|------|
| 1 | Определена скорость снаряда в верхней точке траектории | 5 |
| 2 | Записан закон сохранения импульса, определена скорость второго осколка | 5 |
| 3 | Определена дальность полета второго осколка | 5 |
| 4 | Определено общее расстояние | 5 |

4. Какое количество воды превратится в пар, если в сосуд, содержащий $m_1 = 1 \text{ кг}$ воды при температуре $t_1 = 20^\circ \text{C}$, влить $m_2 = 10 \text{ кг}$ расплавленного свинца при температуре плавления $t_2 = 327^\circ \text{C}$? Сосуд латунный, его масса $m_3 = 0,5 \text{ кг}$. Потерями тепла пренебречь. Удельная теплоемкость воды $c_1 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, латуни $c_2 = 380 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, свинца $c_3 = 130 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$, удельная теплота плавления свинца $\lambda = 25 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$, удельная теплота парообразования воды $r = 22,6 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$. Ответ: $0,086 \text{ кг}$

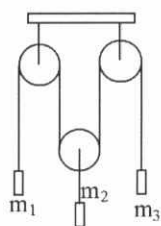
РЕШЕНИЕ

Для определения массы испарившейся воды Δm составим уравнение теплового баланса

$m_1 c_1 (t - t_1) + \Delta m r + m_3 c_2 (t - t_1) + m_2 c_3 (t - t_2) - m_2 \lambda = 0$, где $t = 100^\circ \text{C}$ - температура кипения воды.

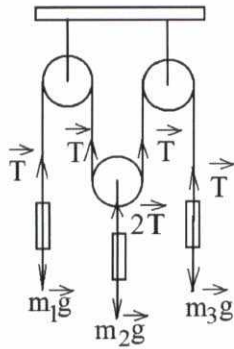
Решая это уравнение, получаем $\Delta m = 0,086 \text{ кг}$.

| | Критерии оценки | Балл |
|---|--|------|
| 1 | Записано количество теплоты, поглощаемого при плавлении | 3 |
| 2 | Записано количество теплоты, выделяемого при кристаллизации свинца | 3 |
| 3 | Записано количество теплоты, необходимое для нагревания (охлаждения) | 3 |
| 4 | Составлено уравнение теплового баланса | 6 |
| 5 | Определена масса испарившейся воды | 5 |



5. Через два неподвижных блока перекинута невесомая нерастяжимая нить, к концам которой подвешены два груза массами $m_1 = 1 \text{ кг}$, $m_3 = 3 \text{ кг}$, а на середину нити поместили подвижный блок (см. рис.). К подвижному блоку прикрепили груз массой $m_2 = 2 \text{ кг}$. Определить ускорение, с которым движется груз m_2 . Массами блоков и трением можно пренебречь, ускорение свободного падения считать $g = 10 \text{ м/с}^2$. Ответ: -2 м/с^2

Решение



Составим систему уравнений

$$\left. \begin{aligned} m_1 g - T &= m_1 a_1 \\ m_2 g - 2T &= m_2 a_2 \\ m_3 g - T &= m_3 a_3 \\ a_2 &= -\frac{a_1 + a_3}{2} \end{aligned} \right\}$$

Решая эту систему уравнений, получаем $a_2 = -2m/c^2$;

| | Критерии оценки | Балл |
|---|--|------|
| 1 | Нарисован рисунок с указанием действующих сил | 4 |
| 2 | Записан II закон Ньютона для всех тел | 5 |
| 3 | Записана формула связи ускорений | 5 |
| 4 | Решена система уравнений, определено ускорение второго груза | 6 |