

Муниципальное образование «Гурьевский городской округ»

Всероссийская олимпиада школьников по физике
(школьный этап)

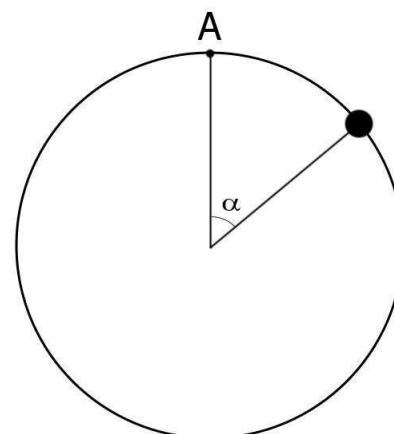
2017-2018 учебный год
11 класс

Максимальное количество баллов – 50

Время выполнения – 4 астрономических часа

Задача 1 (10 баллов)

Бусинка массой m проедет сквозь проволочное кольцо, поставленное вертикально. Бусинка начинает соскальзывать из точки А. Найдите зависимость величины силы давления бусинки на кольцо от угла α . Найдите условие невесомости для бусинки.



Задача 2 (10 баллов)

Два автомобиля имеют одинаковую мощность. Максимальная скорость первого 120 км/ч, а второго 130 км/ч. Какую максимальную скорость могут развить автомобили, если один возьмет на буксир другого?

Задача 3 (10 баллов)

Колокол для подводных работ объемом 10 м^3 опускается вверх дном с борта корабля на дно водоёма глубиной $h = 20 \text{ м}$. Зашедшая в колокол вода вытесняется из него с помощью баллонов со сжатым воздухом. Объем одного баллона $V_0 = 40 \text{ л}$, давление внутри 200 атм. Найти минимальное количество баллонов, которое нужно подсоединить к колоколу с помощью шланга, чтобы вытеснить из него воду. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$. Атмосферное давление $P_0 = 10^5 \text{ Па}$. Температуру считать постоянной.

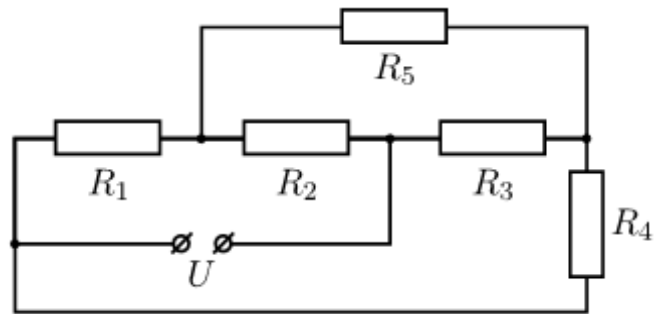
Задача 4 (10 баллов)

Начальный участок трассы скоростного спуска, расположенный вниз по склону горы с углом наклона $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, горнолыжник прошел, не отталкиваясь палками. Какую максимальную скорость v_{max} мог развить спортсмен на этом участке, если его

масса $m = 70$ кг? Коэффициент трения лыж о снег $\mu = 0,1$, сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости: $F_{\text{сопр}} = \beta v_{\text{max}}^2$, где постоянный коэффициент $\beta = 0,9$ кг/м. Ускорение свободного падения принять $g = 10$ м/с².

Задача 5 (10 баллов)

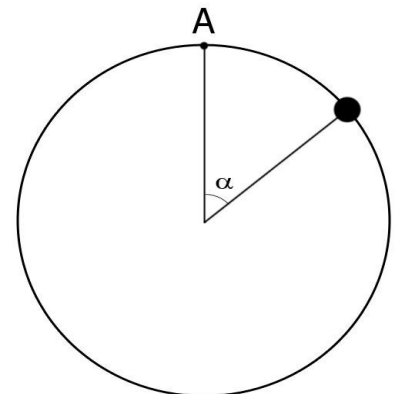
Найдите силу тока, текущего через сопротивление R_5 , если $R_1=R_2=R_3=R_4=10$ Ом, $R_5=3$ Ом, $U=12$ В. Найдите также общее сопротивление цепи.



Условия, решения и критерии для проверяющих

Задача 1 (10 баллов)

Бусинка массой m проедет сквозь проволочное кольцо, поставленное вертикально. Бусинка начинает соскальзывать из точки А. Найдите зависимость величины силы давления бусинки на кольцо от угла α . Найдите условие невесомости для бусинки.



Решение

Нарисован рисунок и расставлены действующие силы.

На бусинку действуют сила тяжести и сила реакции опоры N . Сила давления бусинки на кольцо равна силе реакции опоры.

$$\text{По II закону Ньютона } \vec{N} + \vec{m\vec{g}} = \vec{m\vec{a}}. \quad (1)$$

$$\text{Центростремительное ускорение } a = \frac{v^2}{R}.$$

$$\text{Тогда в проекции на ось y: } N - mg \cos \alpha = -m \frac{v^2}{R}.$$

$$\text{Отсюда } N = mg \cos \alpha - m \frac{v^2}{R}.$$

$$\text{По закону сохранения энергии } mgh = \frac{mv^2}{2}. \text{ Из рисунка } h = R(1 - \cos \alpha).$$

$$v^2 = 2gh = 2gR(1 - \cos \alpha)$$

$$\text{Тогда силы реакции } N = mg \cos \alpha - 2mg(1 - \cos \alpha) = mg(3 \cos \alpha - 2)$$

При невесомости $N=0$, следовательно, условие невесомости $\cos \alpha = \frac{2}{3}$

Ответ: $F = mg(3\cos \alpha - 2)$; $\cos \alpha = \frac{2}{3}$

| | Критерии оценивания | Балл |
|---|--|------|
| 1 | Нарисован рисунок и расставлены действующие силы | 1 |
| 2 | Записан закон движения бусинки $N - mg \cos \alpha = -m \frac{v^2}{R}$ | 3 |
| 3 | Записан закон сохранения энергии для движения бусинки | 3 |
| 4 | Определена сила реакции опоры $F = mg(3\cos \alpha - 2)$ | 1,5 |
| 5 | Определено условие невесомости $N=0 \cos \alpha = \frac{2}{3}$ | 1,5 |

Задача 2 (10 баллов)

Два автомобиля имеют одинаковую мощность. Максимальная скорость первого 120 км/ч, а второго 130 км/ч. Какую максимальную скорость могут развить автомобили, если один возьмет на буксир другого?

Решение

Пусть мощность каждого автомобиля P . Тогда

$$P = F_{\text{сопр1}} v_1, \text{ отсюда } F_{\text{сопр1}} = P / v_1 \text{ (1);}$$

$$P = F_{\text{сопр2}} v_2, \text{ отсюда } F_{\text{сопр2}} = P / v_2 \text{ (2).}$$

Когда один берет на буксир другой, то тогда

$$P = (F_{\text{сопр1}} + F_{\text{сопр2}}) v \text{ (3).}$$

Подставим (1) и (2) в (3), после преобразований получаем:

$$v = v_1 v_2 / (v_1 + v_2) = 62,4 \text{ км/ч}$$

Ответ: $v = 62,4 \text{ км/ч.}$

| | Критерии оценивания | Балл |
|---|--|------|
| 1 | Нарисован рисунок и расставлены действующие силы | 1 |
| 2 | Записана формула мощности для каждого из автомобилей: $P = F_{\text{сопр1}} v_1$ и $P = F_{\text{сопр2}} v_2$ | 2 |
| 3 | Записана формула, когда один автомобиль берет на буксир другой: $P = (F_{\text{сопр1}} + F_{\text{сопр2}}) v$ | 3 |
| 4 | Получена окончательная формула для максимальной скорости автомобилей: $v = v_1 v_2 / (v_1 + v_2)$ | 3 |
| 5 | Подсчитано численное значение скорости | 1 |

Задача 3 (10 баллов)

Колокол для подводных работ объёмом 10 м^3 опускается вверх дном с борта корабля на дно водоёма глубиной $h = 20 \text{ м}$. Зашедшая в колокол вода вытесняется из него с помощью баллонов со сжатым воздухом. Объём одного баллона $V_0 = 40 \text{ л}$, давление внутри 200 атм . Найти минимальное количество баллонов, которое нужно подсоединить к колоколу с помощью шланга, чтобы вытеснить из него воду. Универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$. Атмосферное давление $P_0 = 10^5 \text{ Па}$. Температуру считать постоянной.

Решение

Давление на дне водоема будет равно $P_2 = P_0 + pgh = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$, где pgh – давление столба воды. Уравнение состояния для воздуха в колоколе, находящемся над водой $\frac{m_1}{\mu} RT = P_0 V$, на дне водоема $\frac{m_2}{\mu} RT = P_2 V$, где m_2 – масса воздуха, необходимого, чтобы заполнить весь объём колокола. Следовательно, надо добавить массу $\Delta m = m_2 - m_1 = \frac{(P_2 - P_0)V\mu}{RT}$.

Для одного баллона со сжатым воздухом можем записать $\frac{m_3}{\mu} RT = P_3 V_0 \Rightarrow m_3 = \frac{P_3 V_0 \mu}{RT}$.

Тогда число необходимых баллонов равно

$$N = \frac{\Delta m}{m_3} = \frac{(P_2 - P_0)V}{P_3 V_0} = 2,5 \text{ баллона.}$$

Ответ: 2,5 или 3

| | Критерии оценки | Балл |
|---|--|------|
| 1 | Найдено давление на дне водоема | 1 |
| 2 | Определена масса воздуха в колоколе на поверхности | 3 |
| 3 | Определена масса воздуха в колоколе на дне | 3 |
| 4 | Определена масса воздуха в баллоне | 2 |
| 5 | Вычислено необходимое число баллонов | 1 |

Задача 4 (10 баллов)

Начальный участок трассы скоростного спуска, расположенный вниз по склону горы с углом наклона $\alpha = 45^\circ$ к горизонту, горнолыжник прошел, не отталкиваясь палками. Какую максимальную скорость v_{\max} мог развить спортсмен на этом участке, если его масса $m = 70 \text{ кг}$? Коэффициент трения лыж о снег $\mu = 0,1$, сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости: $F_{\text{сопр}} = \beta v_{\max}^2$, где постоянный коэффициент $\beta = 0,9 \text{ кг/м}$. Ускорение свободного падения принять $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение

Горнолыжник, движущийся по наклонному участку, находится под действием сил: mg – сила тяжести, N – нормальная составляющая силы реакции опоры,

$F_{\text{тр}}$ – сила трения лыж о снег, $F_{\text{сопр}}$ – сила сопротивления воздуха.

В проекциях: $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} - F_{\text{сопр}} = ma$

$$F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha; F_{\text{сопр}} = \beta v_{\max}^2.$$

Под действием проекции силы тяжести, силы сухого трения и зависящей от скорости силы сопротивления воздуха, ускорение лыжника по мере разгона уменьшается и при некоторой скорости **обращается в нуль**. Это и есть максимальная скорость лыжника на данном отрезке трассы, поскольку дальнейшее его движение будет равномерным.

Т.О. при установившемся движении лыжника

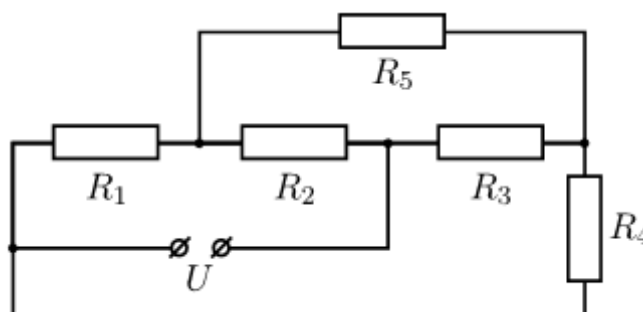
$$mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha - \beta v_{\max}^2 = 0, \text{ отсюда } v_{\max} \sim 22,3 \text{ м/с}$$

Ответ: $v_{\max} \sim 22,3 \text{ м/с}$

| | Критерии оценивания | Балл |
|---|---|------|
| 1 | Нарисован рисунок и расставлены действующие силы | 1 |
| 2 | Записан закон движения лыжника в проекциях на две оси: $mg \sin \alpha - F_{\text{тр}} - F_{\text{сопр}} = ma$ $F_{\text{тр}} = \mu mg \cos \alpha; F_{\text{сопр}} = \beta v_{\max}^2$ | 3 |
| 3 | Определено, что при некоторой скорости ускорение лыжника обращается в нуль | 3 |
| 4 | Определен вид дальнейшего движения лыжника (равномерное) | 2 |
| 5 | Определено численное значение максимальной скорости лыжника | 1 |

Задача 5 (10 баллов)

Найдите силу тока, текущего через сопротивление R_5 , если $R_1=R_2=R_3=R_4=10 \text{ Ом}$, $R_5=3 \text{ Ом}$, $U=12 \text{ В}$. Найдите также общее сопротивление цепи.



Решение

Приведенную в условии схему можно перерисовать так, как показано на рисунке 3.42. Получившаяся эквивалентная цепь представляет собой мостовую схему, состоящую из одинаковых резисторов с сопротивлениями $R = R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10 \text{ Ом}$. Так как система симметрична, то разность потенциалов между ее точками А и В равна нулю. Поэтому ток через сопротивление R_5 также равен нулю. Для того, чтобы определить общее сопротивление цепи, заметим, что сила тока, текущего через резисторы R_1 и R_2 , равна $U/R_1+R_2 = U/2R$. Такой же ток течет через резисторы R_4 и R_3 . Следовательно, ток, текущий

через источник напряжения, равен $I_{\text{общ}} = U/R$, а общее сопротивление цепи составляет $R_{\text{общ}} = U/I_{\text{общ}} = R = 10 \text{ Ом}$.

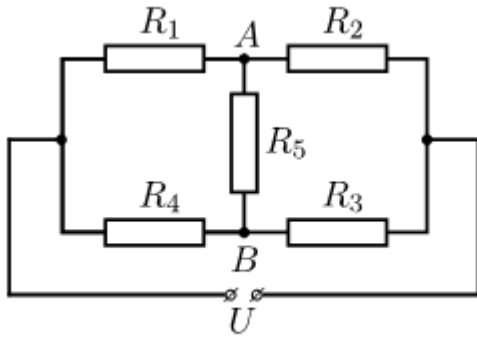


Рис. 3.42.

Ответ: 0 А; 10 Ом.

| | Критерии оценивания | Балл |
|---|---|------|
| 1 | Нарисована эквивалентная схема | 2 |
| 2 | Записан закон Ома для участка цепи | 1 |
| 3 | Определено, что разность потенциалов между точками А и В равна нулю | 3 |
| 4 | Получена конечная формула для силы тока $U/2R$ | 2 |
| 5 | Подсчитаны значения для силы тока и общего сопротивления | 1 |