

Открытая межвузовская олимпиада школьников СФО

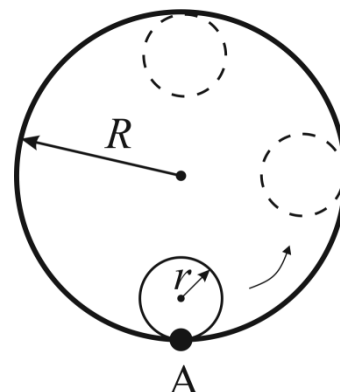
«Будущее Сибири»

II(заключительный) этап, 2023–2024 учебный год

Физика 8 класс

Каждая правильно решенная задача оценивается в 10 баллов.

1. Мотоциклист демонстрирует трюк «Движение по вертикальной окружности внутри закреплённого сетчатого шара» («мёртвая петля»). Определите сколько оборотов вокруг своей оси сделает переднее колесо мотоцикла: 1) с точки зрения мотоциклиста, 2) с точки зрения зрителей, если оно, пройдя положение А (см. рисунок) и прокатившись без проскальзывания по внутренней поверхности шара, вновь вернётся в положение А. Радиус шара $R = 3,0$ м, радиус колеса мотоцикла $r = 30$ см.



Решение

С точки зрения мотоциклиста колесо совершает вращательное движение вокруг своей оси. Число оборотов, которое видит мотоциклист равно

$$N_1 = \frac{2\pi R}{2\pi r} = \frac{3}{0,3} = 10. \quad 4б.$$

С точки зрения зрителей колесо совершает одновременно два вращательных движения – одно вокруг собственной оси, второе – вокруг оси шара. Причем направления этих вращений противоположны. Угловая скорость вращения вокруг собственной оси больше угловой скорости вращения вокруг оси шара в 10 раз. Следовательно, с точки зрения зрителей колесо совершит 9 оборотов.

$$N_2 = 10 - 1 = 9. \quad 6б.$$

Ответ: 1) $N_1 = 10$; 2) $N_2 = 9$.

2. Маленький переносной холодильник представляет собой закрытую сумку, стенки которой сделаны из материала с низкой теплопроводностью, с помещённым в неё пакетом со льдом. Температура в холодильнике поднялась до 2°C через 10 часов после того, как лёд начал таять. Через какое время температура в холодильнике поднялась бы до этого значения, если бы изначально почти весь лёд был растаявшим? Удельная теплоемкость воды равна $c_v = 4,2 \cdot 10^3$ Дж/(кг·К), удельная теплота плавления льда $\lambda = 336 \cdot 10^3$ Дж/кг. Теплоёмкостью сумки и пакета пренебречь. Мощность поступления тепла внутрь холодильника считать одинаковой и постоянной в этом температурном диапазоне. (Полученный результат даёт представление о соотношении длительностей работы холодильников, использующих фазовый переход и теплоёмкость).

Решение

Когда лёд начал таять, температура в холодильнике равнялась температуре плавления льда $T_0 = 0^\circ\text{C}$ и оставалась такой, пока весь лёд не растаял. Таким образом, в обоих рассматриваемых в задаче случаях температура в холодильнике вначале равнялась T_0 .

2 б.

Пусть t_1, t_2 – время работы холодильника в первом и во втором случае,

соответственно. Всё тепло, поступившее внутрь холодильника в течение времени t_1 в первом случае, пошло на плавление льда и на нагрев воды:

$$Pt_1 = \lambda m + cm(T - T_0), \quad (1) \quad 2 \text{ б.}$$

где P – мощность поступления тепла внутрь холодильника, m – масса льда в пакете, λ – теплота плавления льда, c – теплоёмкость воды, T – конечная температура в холодильнике.

Тепло, поступившее внутрь холодильника в течение времени t_2 во втором случае, пошло лишь на нагрев воды (т.к. весь лёд уже расплавился):

$$Pt_2 = cm(T - T_0). \quad (2) \quad 2 \text{ б.}$$

Разделив (2) на (1) и выразив t_2 , найдём:

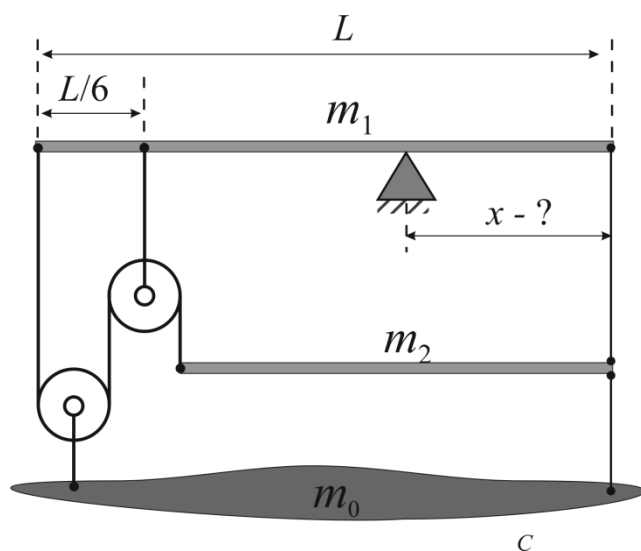
$$t_2 = \frac{c(T - T_0)}{\lambda + c(T - T_0)} t_1. \quad 2 \text{ б.}$$

Подставив численные значения, получим

$$t_2 = 14,6 \text{ мин.} \quad 2 \text{ б.}$$

Ответ: $t_2 = 14,6$ мин.

3. Неоднородный груз массой $m_0 = 3,0$ кг подвесили к системе, состоящей из установленного на опоре однородного рычага массой $m_1 = 1,0$ кг и длиной $L = 1$ м, однородного стержня, имеющего массу $m_2 = 1,0$ кг, двух невесомых блоков без трения и невесомых, нерастяжимых нитей (см. рисунок). Определите расстояние от правого края рычага до опоры, при котором система окажется в равновесии? Нить, на которой подвешен неподвижный блок, прикреплена к рычагу на расстоянии $L/6$ от левого конца рычага.



Решение:

Из условия равновесия для моментов сил относительно правого конца рычага следует

$$Nx = \frac{m_1 g L}{2} + 2T \cdot \frac{5}{6} L + TL, \quad 4 \text{ б.}$$

где T – сила натяжения нити прикрепленной к левому концу рычага, а N – сила нормальной реакции опоры рычага.

Выразив x , получим

$$x = \frac{\frac{m_1 g L}{2} + \frac{8}{3} T L}{N}, \quad (1)$$

Из условия равновесия для моментов сил относительно правого конца стержня следует

$$T l = \frac{m_2 g l}{2} \Rightarrow T = \frac{m_2 g}{2}, \quad (2) \text{ 1 б.}$$

где l – длина стержня.

Используя условия равенства нулю геометрической суммы всех внешних сил (силы натяжения нитей являются внутренними силами и их сумма равна нулю), действующих на систему, можно выразить N

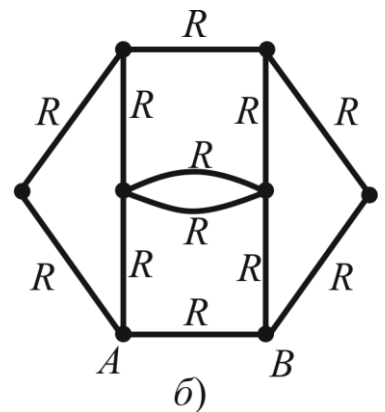
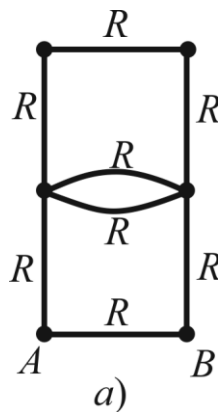
$$N = (m_1 + m_2 + m_0) g, \quad (3) \text{ 3 б.}$$

Подставив (3) и (2) в (1), получим

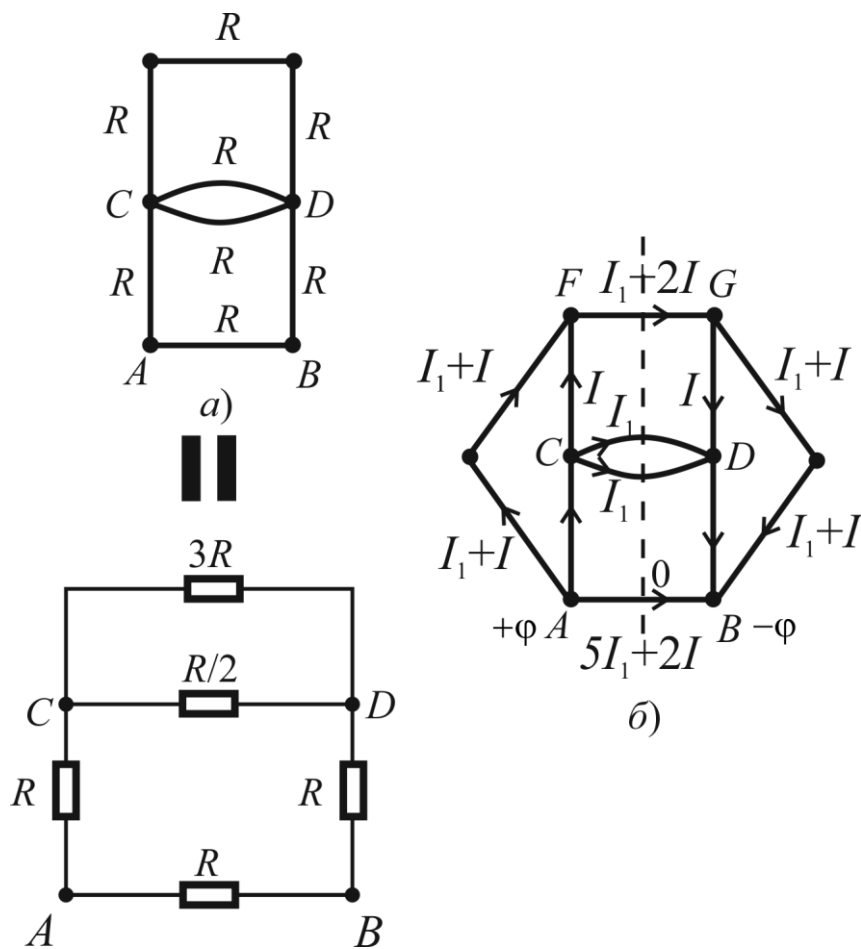
$$x = \frac{8m_2 + 3m_1}{6(m_2 + m_1 + m_0)} L = \frac{11}{30} L \approx 0,37(L), \quad \text{2 б.}$$

Ответ: $x \approx 0,37(L)$

4 Определите во сколько раз отличаются эквивалентные сопротивления между точками A и B участков цепей в виде проволочных сеток, схемы которых изображены на рисунках $a)$ и $b)$, если (вне зависимости от длины) сопротивление каждого проводника между узлами, к которым он подключен, равно R .



Решение



Найдем сопротивление схемы а). Для этого нарисуем эквивалентную схему, из которой видно, что

$$R'_{AB} = \frac{\frac{17}{7}R \cdot R}{\frac{17}{7}R + R} = \frac{17}{24}R, \quad \text{2 б.}$$

Для нахождения сопротивления схемы б) предположим, что к точке A подключен потенциал $+\varphi$, а к точке B – потенциал $-\varphi$. Расставим токи, текущие по цепи. Ток на участке CF обозначим за I , а ток, текущий по одной из веток CD , за I_1 (по второй ветке потечет такой же ток, в силу равенства сопротивлений). Схема симметрична относительно оси, обозначенной пунктиром. В силу симметрии ток между участком GD тоже I , но направлен противоположно току на участке на участке CF . Токи на участках AC и DB одинаковы и равны $2I_1+I$ (на основе первого правила Кирхгофа следующего из закона сохранения заряда). Приравнявая разности потенциалов между двумя ветвями участка AF , получим, что по левой ветви течет ток равный I_1+I . Таким же образом расставляем токи для остальных участков (см. рис. б)).

Найдем разность потенциалов между точками CD :

$$\begin{aligned} \varphi_{CD} &= I_1 R = (I + 2I + I_1 + I) R \\ I_1 &= 4I + I_1 \Rightarrow I = 0. \end{aligned} \quad \text{2 б.}$$

Тогда эквивалентное сопротивление можно найти как

$$R''_{AB} = \frac{U_{AB}}{I_{\Sigma}} = \frac{5I_1 R}{8I_1} = \frac{5}{8}R, \quad \text{2 б.}$$

R'_{AB} Найдем отношение R'_{AB}/R''_{AB}

$$\frac{R'_{AB}}{R''_{AB}} = \frac{17 \cdot 8}{24 \cdot 5} = \frac{17}{15} \approx 1,1,$$

16.

Ответ: $\frac{R'_{AB}}{R''_{AB}} = \frac{17}{15} \approx 1,1$