Олимпиада школьников «Курчатов» по физике – 2021

Онлайн-этап. 8 класс

Задача 1/1. В велосипеде две зубчатые шестеренки соединены натянутой цепью, передающей движение с ведущей передней шестеренки на заднюю шестеренку. Задняя шестреренка имеет общую ось с задним колесом. Велосипед едет по прямой дорожке и никуда не сворачивает, скорость его равна 1,5 м/с, колеса велосипеда при движении не проскальзывают. Найдите скорость зубца передней ведущей шестеренки в системе отсчета велосипеда? Радиус задней шестеренки в два раза меньше радиуса передней шестеренки и в 8 раз меньше радиуса колеса. Ответ выразите в сантиметрах в секунду, округлив до сотых.

Возможное решение

Используя равенство угловых скоростей для дисков с общей осью, получаем, что скорость зубцов задней шестеренки равна скорости точки на шине, деленной на отношение радиуса колеса к радиусу задней шестеренки. Эта скорость передается цепью зубцам передней шестеренки:

$$v = 150 \cdot \frac{1}{8} \frac{\text{см}}{\text{сек}} = 18{,}75 \frac{\text{см}}{\text{сек}}\,.$$

Ответ: $18{,}75 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$

Задача 1/2. В велосипеде две зубчатые шестеренки соединены натянутой цепью, передающей движение с ведущей передней шестеренки на заднюю шестеренку. Задняя шестреренка имеет общую ось с задним колесом. Велосипед едет по прямой дорожке и никуда не сворачивает, колеса велосипеда при движении не проскальзывают. Скорость, с которой движутся педали составляет 30 см/с. С какой скоростью движется велосипедист? Радиус задней шестеренки в 14 раз меньше радиуса колеса, а радиус передней шестеренки в 2,5 раз меньше длины крепления педали. Ответ выразите в сантиметрах в секунду и округлите до целых.

Ответ: $168 \frac{\text{см}}{\text{сек}}$

Задача 2/1. Петя карабкается по очень скользкому склону заледеневшего холма: 4 минуты он продвигается со скоростью 0,6 м/с, затем останавливается на отдых на 30 секунд. После этого он поскальзывается и катится по склону вниз со скоростью 0,3 м/с в течение 30 секунд. По прошествии этого времени Петя успевает остановиться и медленно карабкается вверх со скоростью 0,1 м/с в течение 1 минуты. После этого ситуация повторяется - он вновь 4 минуты поднимается со своей нормальной скоростью 0,6 м/с, повторяет остановку на отдых, затем поскальзывается, медленно карабкается вверх, и так далее. За какое время он доберется до вершины холма, если длина склона составляет 1800 м, а движение Пети происходит по вышеописанному циклу (бежит, отдыхает, поскальзывается и скатывается, медленно карабкается)? Ответ выразите в минутах и округлите до целых.

Возможное решение

Чтобы узнать необходимое время для подъема, посчитаем время, затрачиваемое на один цикл, общее количество циклов и возможный остаток пути, который мог не войти в целый цикл. Найдем расстояние, которое Петя проходит за однин цикл:

$$S = 0{,}6\ \text{м/с} \cdot 240\ \text{с} - 0{,}3\ \text{м/с} \cdot 30\ \text{с} + 0{,}1\ \text{м/с} \cdot 60\ \text{с} = 141\ \text{м}\,.$$

Время одного цикла T равно

$$T = 240 + 30 + 60 + 30 = 360\ \text{с}\,.$$

Всего получается 12 полных циклов, и после остается еще 108 м, которые Петя пройдет со скоростью 0,6 м/с за время T'. Значит общее затраченное время t равно

$$t = T + T' = 360 \cdot 12 + \frac{108}{0{,}6} = 4320\ \text{с} = 75\ \text{мин}\,.$$

Ответ: 75 мин

Задача 2/2. Петя карабкается по очень скользкому склону заледеневшего холма: 2,5 минуты он продвигается со скоростью 0,8 м/с, затем останавливается на отдых на 40 секунд. После этого он поскальзывается и катится по склону вниз со скоростью 0,4 м/с в течение 35 секунд. По прошествии этого времени Петя успевает остановиться и медленно карабкается вверх со скоростью 0,2 м/с в течение 45 секунд. После этого ситуация повторяется - он вновь 2,5 минуты поднимается со своей нормальной скоростью 0,8 м/с, повторяет остановку на отдых, затем поскальзывается, медленно карабкается вверх и так далее. Сколько метров составляет длина склона, если Петя потратил на подъем ровно 55 минуты 40 секунд, а его движение происходит по вышеописанному циклу (бежит, отдыхает, поскальзывается и скатывается, медленно карабкается)? Ответ выразите в метрах и округлите до целых.

Ответ: 1460 м

Задача 3/1. В кастрюлю с водой погружают кипятильник, через нагревательный элемент которого проходит постоянный ток $J = 10A$, сопротивление нагревательного элемента $R = 2$ Ом. Температура воды непосредственно перед погружением в нее кипятильника составляет $50°C$. Через час работы кипятильника масса воды в кастрюле уменьшилась вдвое. Найти исходную массу воды в кастрюле. Теплообменом кастрюли с окружающей средой пренебречь. Удельную теплоемкость воды считать равной 4,2 кДж/(кг $\cdot°$ C), удельную теплоту парообразования считать равной 2260 кДж/кг. Ответ выразите в килограммах, округлите до тысячных.

Возможное решение

Напишем закон Джоуля-Ленца. Получим количество теплоты, которое передается за час от кипятильника воде:

$$Q_1 = J^2Rt = 100 \text{ А}^2 \cdot 2 \text{ Ом} \cdot 3600 \text{ с} = 720 \text{ кДж}\,.$$

Во время нагревания воды до температуры $100°C$ и последующего кипения воды расходуется на количество теплоты

$$Q_2 = Cm(\Delta T) + L\frac{m}{2}\,.$$

Из сохранения энергии следует, что $Q_1 = Q_2$. Тогда найдем исходную массу воды:

$$m = \frac{J^2Rt}{C(\Delta T) + \frac{L}{2}} = 0{,}537 \text{ кг}\,.$$

Ответ: 0,537 кг

Задача 3/2. В кастрюлю налито 1 кг воды, имеющей температуру $50°C$. В начальный момент времени в кастрюлю погружают кипятильник, через нагревательный элемент которого проходит постоянный ток $J = 10A$, сопротивление нагревательного элемента $R = 2$ Ом. Найдите время, через которое масса воды в кастрюле уменьшится вдвое. Теплообменом кастрюли с окружающей средой пренебречь. Удельную теплоемкость воды считать равной 4,2 кДж/(кг $\cdot°$ C), удельную теплоту парообразования считать равной 2260 кДж/кг. Ответ выразите в часах, округлите до сотых.

Ответ: 1,86 ч

Задача 4/1. Саша налил в $k = 16$ одинаковых стеклянных стаканов разное количество воды с разной температурой. Оказалось, что и температура воды, и масса воды в каждом последующем стакане отличаются от предыдущего на одинаковые величины, соответственно равные температуре и массе воды в самом первом стакане. То есть, если принять массу воды в первом стакане за m, то во втором стакане налито $2m, \ldots$, в третьем $3m$, в k-том стакане $k \cdot m$ (с температурой аналогично - $t, 2t, \ldots k \cdot t$). Найдите температуру в самом первом стакане, если после смешивания воды из всех стаканов в одной емкости, установившаяся температура оказалась равна $t_k = 22°C$, масса воды в первом стакане равна 18 г. Ответ выразите в градусах и округлите до целых.

Возможное решение

Чтобы найти связь между начальными и конечной температурами воды в емкостях, сначала посчитаем количество теплоты, необходимое для остывания всей смеси до $0°$:

$$Q_1 = cm(t-0) + c \cdot 2m \cdot (2t-0) + \ldots + c \cdot 16m \cdot (16t-0) = 1496cmt\,.$$

Данное тепло идет на нагревания смеси до температуры t_1:

$$Q_1 = (m + 2m + \ldots + 16m)t_1 = 136cmt_1\,.$$

Тогда получим выражение для искомой температуры в первом стакане t через температуру t_1:

$$t_1 = \frac{Q_1}{136cm} = \frac{1496t}{136} = 11t = 22°C \Rightarrow t = 2°C\,.$$

Ответ: $2°C$

Задача 4/2. Саша налил в $k = 13$ одинаковых стеклянных стаканов разное количество керосина с разной температурой. Оказалось, что и температура керосина, и его масса в каждом последующем стакане отличаются от предыдущего на одинаковые величины, соответственно равные температуре и массе керосина в самом первом стакане. То есть, если принять массу керосина в первом стакане за m, то во втором стакане налито $2m, \ldots$, в третьем $3m$, в k-том стакане $k \cdot m$ (с температурой аналогично - $t, 2t, \ldots k \cdot t$). Вовочка смешал керосин из всех стаканов в одной емкости. Найдите температуру после установление теплового равновесия, если температура керосина в первом стакане равна $t = 3°C$, масса керосина в первом стакане равна 12 г. Ответ выразите в градусах и округлите до целых.

Ответ: $27°C$

Задача 5/1. Напряжение U, которое создается батареей $\mathcal{E}$, подключают к схеме, изображенной на рисунке 1. При этом считается, что напряжение создается между точками справа и слева от батареи. Сопротивление состоит из трех резисторов - резистора с сопротивлением r и двух последовательно соединенных резисторов с сопротивлениями R_1. При этом оказалось, что через сопротивление r проходит постоянный ток I_1 (рисунок 1). Затем ту же батарею подключили к схеме как показано на рисунке 2. Сопротивление состоит из того же резистора с сопротивлением r и из параллельно подключенных резисторов с сопротивлениями R_2. При этом оказалось, что ток через сопротивление r не изменился: $I_2 = I_1$(рисунок 2). Найдите значение R_2/R_1, округлив до целых.

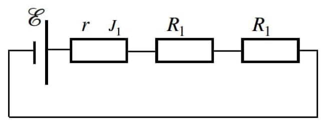

Рис. 1

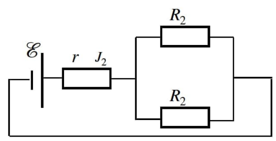

Рис. 2

Возможное решение

Напишем выражение для тока I_1 из закона Ома:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r + 2R_1} \, .$$

Напишем выражение для тока I_2 из закона Ома:

$$I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r + \frac{R_2}{2}} \, .$$

Поскольку ток через сопротивление r не изменился, то токи I_1 и I_2 равны. Тогда получим, что:

$$r + 2R_1 = r + \frac{R_2}{2} \, .$$

Отсюда следует, что

$$\frac{R_2}{R_1} = 4 \, .$$

Ответ: 4

Задача 5/2. Напряжение U , которое создается батареей $\mathcal{E}$, подключают к схеме, изображенной на рисунке 1. При этом считается, что напряжение создается между точками справа и слева от батареи. Сопротивление состоит из трех резисторов — резистора с сопротивлением r и двух последовательно соединенных резисторов с сопротивлениями R_1. При этом оказалось, что через сопротивление r проходит постоянный ток I_1 (рисунок 1). Затем ту же батарею подключили к схеме как показано на рисунке 2. Сопротивление состоит из того же резистора с сопротивлением r и из параллельно подключенных резисторов с сопротивлениями R_2. При этом оказалось, что ток через сопротивление r стал в 2 раза больше: $I_2 = 2I_1$(рисунок 2). Известно, что $R_1/R_2 = 4$. Во сколько раз сопротивление r превосходит сопротивление R_2? Ответ округлите до целых.

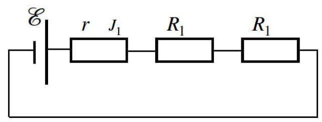

Рис. 1

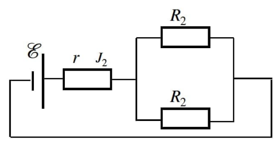

Рис. 2

Ответ: 7