

Всероссийская олимпиада школьников по физике

2025-2026 уч. год

Муниципальный этап

9 класс

Время выполнения –

3 астрономических часа 50 минут

1. Мотоциклист движется прямолинейно с постоянным ускорением. Некоторое расстояние длиной 80 метров он проезжает со средней скоростью 8 м/с, увеличив свою скорость на участке на 4 м/с.

а) Чему равна мгновенная скорость мотоциклиста в середине этого участка пути?

б) Сколько времени потребовалось мотоциклисту, чтобы преодолеть первую половину этого участка пути?

Возможное решение:

1) Обозначим начальную скорость мотоциклиста перед участком длины $L=80$ м как v_0 , конечную — как v .

Средняя скорость на участке известна: $\bar{v} = 8$ м/с. Из условия известно также, что увеличение скорости составило $\Delta v = 4$ м/с, следовательно,

$$v = v_0 + \Delta v.$$

Так как движение равноускоренное, средняя скорость равна среднему арифметическому начальной и конечной скоростей:

$$\bar{v} = \frac{v + v_0}{2} \Rightarrow 8 = \frac{(v_0 + 4) + v_0}{2} \Rightarrow v_0 = 6 \text{ м/с}, v = 10 \text{ м/с}$$

Теперь найдём ускорение a :

$$a = \frac{v^2 - v_0^2}{2L} = \frac{10^2 - 6^2}{2 \cdot 80} = 0,4 \text{ м/с}^2 \text{ (4 балла)}.$$

2) Найдём мгновенную скорость v_x в середине участка ($x=L/2=40$ м) из формулы (3 балла):

$$x = \frac{v_x^2 - v_0^2}{2a}, \text{ откуда } v_x = \sqrt{2 \cdot 0,4 \cdot 40 + 6^2} \approx 8,2 \text{ м/с}$$

3) Время прохождения первой половины пути t_1 ($x=L/2=40$ м) при известной конечной скорости на этом промежутке и ускорении найдём из определения ускорения (3 балла):

$$t_1 = \frac{v_x - v_0}{a} = \frac{8,2 - 6}{0,4} = 5,5 \text{ с}$$

2. В теплоизолированном сосуде смешали горячую воду температурой 80 °С и лёд из морозильной камеры в объёме 4:5 соответственно. После

перемешивания весь лёд растаял, а в сосуде установилась конечная температура $t_2 = 0^\circ\text{C}$. Найдите температуру льда ($t_{\text{л}}$) перед помещением в сосуд. Затем определите новую температуру смеси, если бы взяли соотношение объёма горячей воды и льда равным 3:1. Используйте следующие физические константы:

Плотность воды $\rho_{\text{в}}=1000\text{ кг/м}^3$, льда $\rho_{\text{л}}=900\text{ кг/м}^3$; удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200\text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)}$, льда $c_{\text{л}} = 2100\text{ Дж/(кг }^\circ\text{C)}$; удельная теплота плавления льда $\lambda = 340\,000\text{ Дж/кг}$.

Возможное решение:

Обозначим:

1) Массу горячей воды — $m_{\text{в}}$, массу льда — $m_{\text{л}}$. Объёмы: воды — $V_{\text{в}}$, льда — $V_{\text{л}}$.

Температура горячей воды изначально равна $t_{\text{в}}=80^\circ\text{C}$, температура смеси стала равной $t_2=0^\circ\text{C}$.

Поскольку плотности известны, массы можно выразить через объёмы следующим образом: $m_{\text{в}}=\rho_{\text{в}}\times V_{\text{в}}$, $m_{\text{л}}=\rho_{\text{л}}\times V_{\text{л}}$, а по условию $V_{\text{в}}/V_{\text{л}}=4/5$, тогда $m_{\text{в}}/m_{\text{л}}=8/9$ (**1 балл**)

2) Теперь рассмотрим уравнение теплового баланса:

Полученная от горячей воды энергия пошла на нагрев льда и последующее таяние всего объема льда:

$$m_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - 0) = m_{\text{л}}c_{\text{л}}(0 - t_{\text{л}}) + m_{\text{л}}\lambda$$

После решения уравнения получаем $t_{\text{л}} = -19,7^\circ\text{C}$ (**4 балла**).

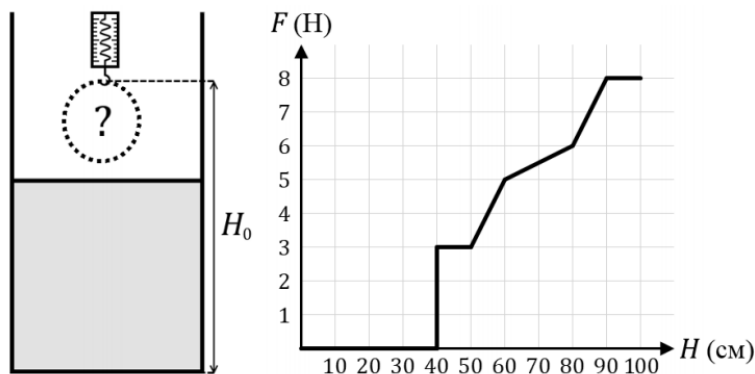
3) Новая температура смеси при другом соотношении объёмов (3:1)

Отношение масс $m_{\text{в}}/m_{\text{л}}=10/3$ (**1 балл**) даёт возможность получившейся воде из льда нагреться до конечной температуры t :

$$m_{\text{в}}c_{\text{в}}(t_{\text{в}} - t) = m_{\text{л}}c_{\text{л}}(0 - t_{\text{л}}) + m_{\text{л}}\lambda + m_{\text{л}}c_{\text{в}}(t - 0)$$

Откуда $t \approx 40^\circ\text{C}$ (**4 балла**).

3. Небольшой груз на динамометре подвешен на начальной высоте $H_0 = 100\text{ см}$. Груз медленно погружают в широкий сосуд с водой (плотностью $\rho_{\text{в}}=1000\text{ кг/м}^3$). График зависимости показаний динамометра от высоты точки подвеса груза приведён на рисунке. Определите возможную форму груза с указанием размеров. ($g=10\text{ м/с}^2$).



Возможное решение:

По графику (участок Н от 100 до 90 см) определим вес груза в воздухе: $P = 8$ Н и его массу $m = P/g = 0,8$ кг. **(1 балл)**

1) Участок Н от 90 до 80 см опускание груза в воде, соответствует линейному изменению показаний динамометра F от 8 Н до 6 Н. Показания динамометра в воде на этом участке $F = mg - \rho_{\text{в}} shg$, где h – глубина погружения нижней плоскости груза. Отсюда $\Delta F = \rho_{\text{в}} shg$.

$$\text{Найдём } s = \frac{\Delta F}{\rho_{\text{в}} hg}.$$

Возможная форма нижней части груза, первой касающаяся воды это цилиндр или прямоугольный параллелепипед высотой $h = 0,1$ м и площадью основания $s = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. **(3 балла)**

2) Участок H_1 от 80 до 60 см опускание груза в воде, соответствует линейному изменению показаний динамометра F_1 от 6 Н до 5 Н. Показания динамометра в воде в этом случае $F_1 = mg - \rho_{\text{в}} s_1 h_1 g$, $\Delta F_1 = \rho_{\text{в}} s_1 \Delta h_1 g$.

$$\text{Отсюда } s_1 = \frac{\Delta F_1}{\rho_{\text{в}} \Delta h_1 g}$$

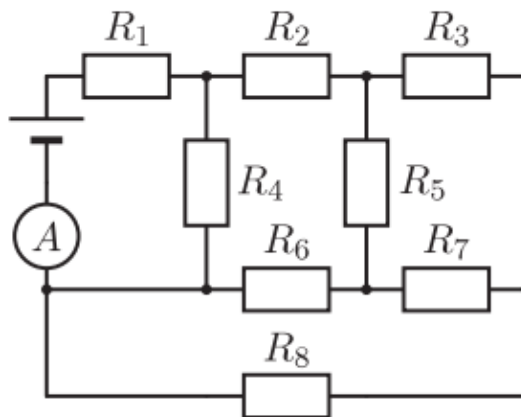
Возможная форма второй части груза – это цилиндр или прямоугольный параллелепипед высотой $h_1 = 0,2$ м и площадью основания $s = 10^{-3} \text{ м}^2$. **(3 балла)**

3) Участок H_2 от 60 до 50 см опускание груза в воде, соответствует линейному изменению показаний динамометра F_2 от 5 Н до 3 Н. Наклон графика на этом участке такой же как на участке от 90 до 80 см, поэтому возможная форма этой части груза, это цилиндр или прямоугольный параллелепипед высотой $h = 0,1$ м и площадью основания $s = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$. **(3 балла)**

Возможная форма груза это три соосных цилиндра или прямоугольных параллелепипеда, верхний и нижний высотой $h = 0,1$ м и площадью основания $s = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$, а средний - высотой $h_1 = 0,2$ м и площадью основания $s = 10^{-3} \text{ м}^2$.

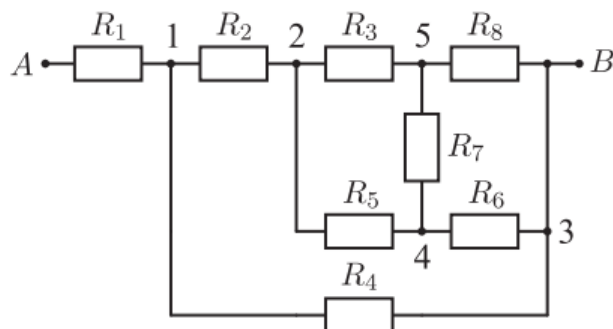
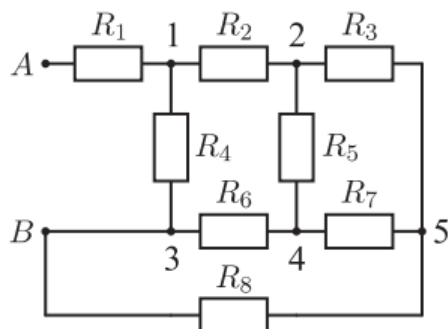
4. Сопротивления всех резисторов в электрической цепи, изображённой на рисунке, одинаковы и равны $R = 300$ Ом. Включённый в цепь амперметр показывает величину силы тока $I = 10$ мА. Найдите напряжение батарейки.

Сопротивлениями амперметра и батарейки можно пренебречь.



Возможное решение:

Найдём сопротивление электрической цепи между точками A и B (см. рис. слева). Для этого перерисуем схему цепи, как показано на рис. справа (цифрами на схеме обозначены соответствующие друг другу узлы). (3 балла)



Из симметрии участка схемы, содержащего резисторы R_3 , R_5 , R_6 , R_7 и R_8 следует, что сила тока, текущего через резистор R_7 , равна нулю. Поэтому при удалении этого резистора из цепи силы токов через остальные резисторы и общее сопротивление цепи не изменятся (3 балла). Сопротивление цепи после удаления этого резистора определяется из законов последовательного и параллельного сопротивления проводников; оно равно $R_{AB} = 5/3R$ (3 балла). Следовательно, $U = IR_{AB} = 5/3IR = 5$ В. (1 балл)

5. Учащийся осуществлял опыт с использованием пружины. Один край пружины он закрепил вертикально на стенке, а противоположный тянул вручную, зафиксировав прибором — динамометром.



Во время эксперимента учащийся фиксировал значения показаний прибора и соответствующие им величины удлинения пружины, занося их в табличный вид

Используя предоставленные в таблице данные, составьте график, отображающий зависимость усилия упругости пружины от её абсолютной длины. По построенному графику рассчитайте выполненную учеником работу при увеличении длины пружины на 10 сантиметров.

Определите среднюю величину мощности действий учащегося, приложенных для увеличения длины пружины до отметки 20 см, если продолжительность процедуры составила 5 секунд.

Предположите, какое значение показывал динамометр пружины при $l = 15$ см. Поясните своё предположение.

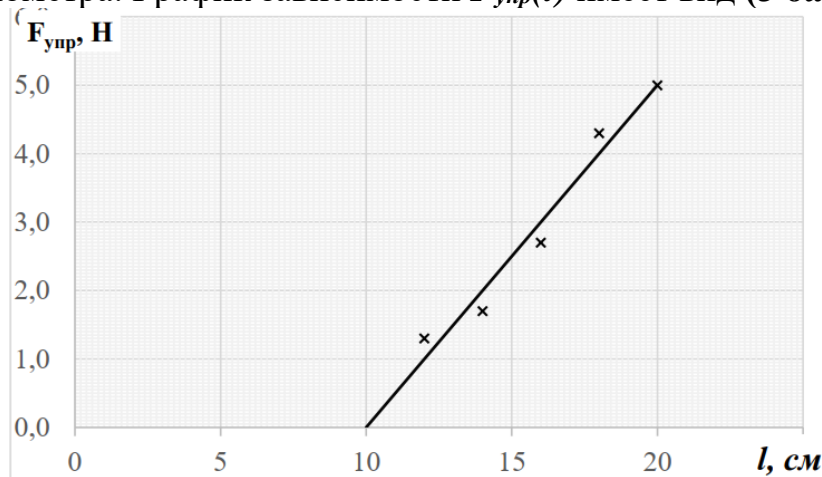
№ опыта	1	2	3	4	5	6
---------	---	---	---	---	---	---

$l, \text{ см}$	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0
$F, \text{ Н}$	0	1,3	1,7	2,7	4,3	5,0

,0

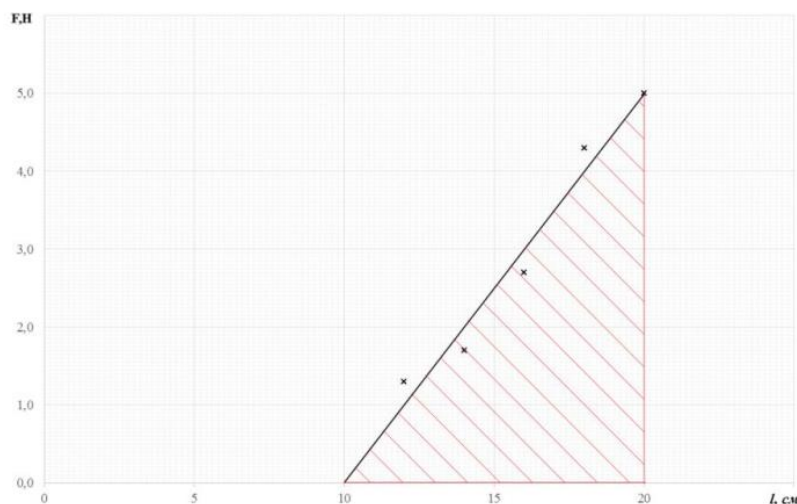
Возможное решение:

Сила упругости, возникающая в пружине, определяется показаниями динамометра. График зависимости $F_{\text{упр}}(l)$ имеет вид (3 балла):



25

Определить работу как площадь под графиком, переведя длину в метры (3 балла):



$$A = \frac{1}{2}(0,2 - 0,1) \cdot 5 = 0,25 \text{ Дж.}$$

Средняя мощность усилий ученика по растяжению пружины (2 балла):

$$P = \frac{A}{t} = \frac{0,25 \text{ Дж}}{5 \text{ с}} = 0,05 \text{ Вт.}$$

Значение, которое показывал динамометр при $l = 15$ см, определяем по графику с точностью, равной минимальной цене деления вертикальной оси: $F = 2,50$ Н (2 балла).

Критерии оценки графика

Перечисленные ниже критерии касаются не существа графика, а его оформления. При этом если график является неверным по существу, график не оценивается.

Баллы	Название критерия	Пояснения
0,5	Размер графика	График должен занимать не менее 70-80% от предложенного формата миллиметровой бумаги
0,5	Расположение и ориентация осей графика	По оси абсцисс откладывается независимая величина, по оси ординат – зависимая
0,5	Подписывание осей графика	Около осей должны быть указаны откладываемые величины, единицы их измерения и (при необходимости) десятичный множитель
0,5	Оцифровка осей графика	Штрихи на осях должны наноситься через равные интервалы и попадать на основные линии миллиметровой бумаги. При оцифровке штрихов следует использовать натуральные числа и числа кратные 2, 5. Интервал между числами 2-4 см.
0,5	Точки графика	Должны соответствовать таблице и оставаться видимыми на фоне линии. При необходимости наносятся с учётом погрешности измерения
0,5	Линия графика	Плавная кривая. На графиках должны быть проведены «усредняющие» линии. Вместо «усредняющих» линий не допускается проведение ломаных, последовательно соединяющих экспериментальные точки. Линейный участок графика должен строиться по линейке