

**Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике
2022-2023 учебный год**

9 класс

Продолжительность олимпиады: 230 минут. Максимально возможное количество баллов: 50

Общие критерии оценок

Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.

Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок по данной задаче.

Если задача решена отличным от авторского способа, то решение оценивается согласно приведенных ниже критериев.

Таблица 1

Критерии проверки

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
7-9	Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение. Допущены арифметические ошибки
5-6	Задача решена частично, или даны ответы не на все вопросы
3-4	Решение содержит пробелы в обоснованиях, приведены не все необходимые для решения формулы
1-2	Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения или при ошибочном решении
0	Решение неверно или отсутствует

Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Рекомендуется проверять сначала первую задачу во всех работах, затем вторую и т.д.

Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, члены жюри заносит её в таблицу (см. табл. № 2) на первой странице работы и ставит свою подпись (с расшифровкой) под оценкой. В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции

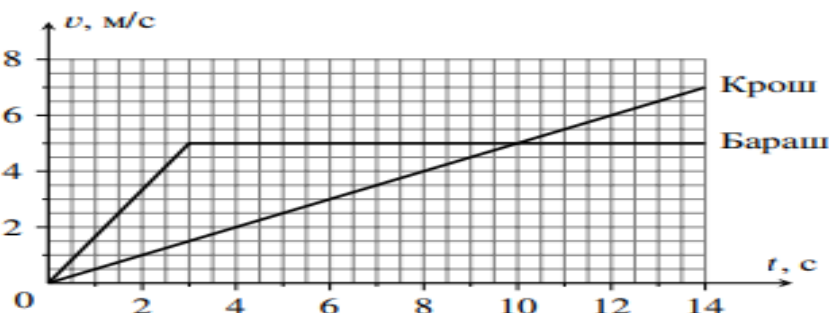
Таблица 2

№ задания	Набранные баллы
1	
2	
3	
4	
итого	

Задача № 1

Крош и Бараш как-то устроили забег. Стартовав одновременно из одной точки, они побежали по лесной дорожке. Бараш, набрав некоторую скорость, удерживал её в течение всей дистанции, в то время как Крош бежал, всё время увеличивая свою скорость. Дотошный Лосяш, судивший забег, изобразил графики движения соревнующихся Смешариков.

- 1). Определите, через какое время после старта Крош догонит Бараша.
- 2) На каком расстоянии от точки старта это произойдёт?
- 3) На какое максимальное расстояние Бараш опережал Кроша в течение этого забега?



Решение: Крош бежал всю дорогу с постоянным ускорением $a = (7 \text{ м/с})/(14 \text{ с}) = 0,5 \text{ м/с}^2$. Бараш первые 3 с бежал равноускоренно и пробежал расстояние $s_0 = 1/2 \cdot 5 \text{ м/с} \cdot 3 \text{ с} = 7,5 \text{ м}$, а дальше он двигался с постоянной скоростью $v_0 = 5 \text{ м/с}$. Так как вначале Бараш бежал быстрее Кроша, расстояние между ними увеличивалось и стало максимальным в момент, когда скорости Смешариков сравнялись (через 10 с после старта). Максимальное расстояние ΔL , на которое Бараш опережал Кроша, можно найти как площадь области, ограниченной графиками:

$$\Delta L = \frac{1}{2} \cdot 5 \text{ м/с} \cdot (10 \text{ с} - 3 \text{ с}) = 17,5 \text{ м}.$$

Крош догонит Бараша уже после этого. Пусть это произошло в момент t , тогда

$$\frac{at^2}{2} = s_0 + v_0(t - 3 \text{ с}) \Rightarrow 0,25 \text{ м/с}^2 \cdot t^2 = 5 \text{ м/с} \cdot t - 7,5 \text{ м} \Rightarrow t^2 - 20 \text{ с} \cdot t + 30 \text{ с}^2 = 0.$$

Решая это уравнение и отбрасывая отрицательный корень, получим, что

$$t = (10 + \sqrt{70}) \text{ с} \approx 18,4 \text{ с}.$$

Соответственно, встреча произошла на расстоянии $L = at^2/2 = 0,25 \text{ м/с}^2 \cdot (18,4 \text{ с})^2 \approx 84,3 \text{ м}$.

Задача № 2

Девочка Маша и заяц нашли как-то на поляне бревно длиной 2 м. Положив это бревно на опору и усевшись на его противоположных концах, они стали качаться. Оказалось, что бревно находится в равновесии, когда Маша сидит на расстоянии 50 см от точки опоры. Тут из леса выбежал второй заяц, заявил, что тоже хочет качаться, и уселся на 30 см впереди первого. Чтобы восстановить равновесие бревна девочке пришлось отодвинуть точку опоры от себя на 10 см. 1) Определите массу бревна, считая его прямым и однородным. 2) На сколько сантиметров Маше придётся сдвинуть ещё раз точку опоры (относительно предыдущего случая), чтобы восстановить равновесие бревна, когда третий заяц сядет на него на 30 см впереди второго? Масса Маши равна 39 кг, а массы всех зайцев одинаковы

Решение: Пусть масса бревна равна M , масса Маши — m_M , а масса одного зайца — m_0 . Запишем в первом случае правило моментов относительно точки опоры, учитывая, что сила тяжести приложена к середине бревна:

$$m_0 g \cdot 150 \text{ см} + M g \cdot 50 \text{ см} = m_M g \cdot 50 \text{ см} \Rightarrow 3m_0 + M = m_M.$$

Во втором случае Маша сидит на расстоянии 60 см от точки опоры, первый заяц — на расстоянии 140 см, а второй — на расстоянии 110 см. Запишем ещё раз правило моментов:

$$m_0 g \cdot 140 \text{ см} + m_0 g \cdot 110 \text{ см} + M g \cdot 40 \text{ см} = m_M g \cdot 60 \text{ см} \Rightarrow 250m_0 + 40M = 60m_M.$$

Решая полученную систему, получим, что $M = 21 \text{ кг}$, $m_0 = 6 \text{ кг}$.

Пусть в третьем случае точка опоры была отодвинута на расстояние L от предыдущего положения. Тогда Маша сидит на расстоянии $60 \text{ см} + L$ от точки опоры, первый заяц — на расстоянии $140 \text{ см} - L$, второй — на расстоянии $110 \text{ см} - L$, а третий — на расстоянии $80 \text{ см} - L$. Запишем в третий раз правило моментов:

$$m_0 g \cdot (140 \text{ см} - L) + m_0 g \cdot (110 \text{ см} - L) + m_0 g \cdot (80 \text{ см} - L) + M g \cdot (40 \text{ см} - L) = m_M g \cdot (60 \text{ см} + L) \Rightarrow$$

$$m_0 \cdot (330 \text{ см} - 3L) + M \cdot (40 \text{ см} - L) = m_M \cdot (60 \text{ см} + L) \Rightarrow L = \frac{m_0 \cdot 330 \text{ см} + M \cdot 40 \text{ см} - m_M \cdot 60 \text{ см}}{3m_0 + M + m_M} \approx 6,2 \text{ см}.$$

Указание проверяющим:

- 1) Массу зайца, строго говоря, не обязательно вычислять явно. Поэтому, если пункт 6 критериев выполнен (оценён в 1 или 2 балла), то баллы за пункт 4 ставить автоматически.
- 2) В пункте 6 в случае незначительной ошибки в счёте (если баллы за пункты 1-3 и 5 отличны от нуля) можно ставить 1 балл из 2.

Задача № 3

У экспериментатора Иннокентия Иванова есть ювелирное украшение, одна часть которого сделана из серебра, а другая — из стали. Учёный, подвесив украшение с помощью непроводящей тепло нити на крюке динамометра и нагрев его в кипятке, погрузил в воду с температурой $25\text{ }^\circ\text{C}$, находящуюся в калориметре. В результате экспериментов Иннокентия выяснилось, что вес украшения, полностью погружённого в воду, равен $0,72\text{ Н}$, а установившаяся температура в калориметре стала $30\text{ }^\circ\text{C}$. Определите массу серебра и массу стали в украшении, если масса воды в калориметре равна 100 г , и она из сосуда не выливалась. Плотность стали равна $7,8\text{ г/см}^3$, её удельная теплоёмкость — $500\text{ Дж/(кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$; плотность серебра — $10,5\text{ г/см}^3$, его удельная теплоёмкость — $250\text{ Дж/(кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$; плотность воды — 1 г/см^3 , её удельная теплоёмкость — $4200\text{ Дж/(кг}\cdot\text{ }^\circ\text{C)}$. Ускорение свободного падения принять равным 10 Н/кг , теплообменом со стенками калориметра и окружающей средой пренебречь.

Решение: Пусть m_{Fe} и m_{Ag} — массы стальной и серебряной части украшения. Объём украшения равен

$$V = \frac{m_{Fe}}{\rho_{Fe}} + \frac{m_{Ag}}{\rho_{Ag}},$$

а его вес в воде, соответственно,

$$\begin{aligned} P &= (m_{Fe} + m_{Ag})g - \rho_{в}gV = m_{Fe}g \left(1 - \frac{\rho_{в}}{\rho_{Fe}}\right) + m_{Ag}g \left(1 - \frac{\rho_{в}}{\rho_{Ag}}\right) = \\ &= m_{Fe}g \left(1 - \frac{1}{7,8}\right) + m_{Ag}g \left(1 - \frac{1}{10,5}\right) = \frac{34m_{Fe}g}{39} + \frac{19m_{Ag}g}{21}. \end{aligned}$$

Запишем уравнение теплового баланса:

$$c_{в} \cdot 0,1\text{ кг} \cdot (30\text{ }^\circ\text{C} - 25\text{ }^\circ\text{C}) = c_{Fe}m_{Fe}(100\text{ }^\circ\text{C} - 30\text{ }^\circ\text{C}) + c_{Ag}m_{Ag}(100\text{ }^\circ\text{C} - 30\text{ }^\circ\text{C}) \Rightarrow 2m_{Fe} + m_{Ag} = \frac{4200 \cdot 0,1 \cdot 5}{70 \cdot 250}\text{ кг} = 120\text{ г}.$$

Учитывая условие, что

$$P = 0,72\text{ Н} \Rightarrow \frac{34m_{Fe}}{39} + \frac{19m_{Ag}}{21} = 72\text{ г},$$

и решая систему, получим

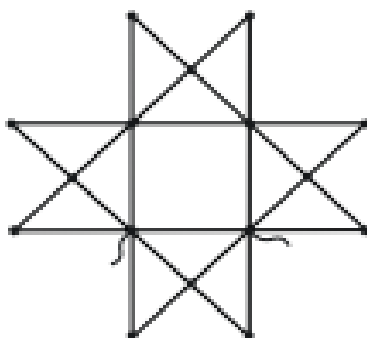
$$m_{Fe} = 39\text{ г}, \quad m_{Ag} = 42\text{ г}.$$

Указание проверяющим:

Если учащийся всё выражает не через массы, а через объёмы стали и серебра, то в пункте 1 должно быть «Записано правильное выражение для массы украшения через объёмы и плотности», а пункт 4 дробится на «Найдено верное значение объёма стали» (1 балл) и «Вычислено верное значение массы стали» (1 балл). Аналогично нужно поступить с пунктом 5. Для ориентировки: $V_{Fe} = 5\text{ см}^3$, $V_{Ag} = 4\text{ см}^3$.

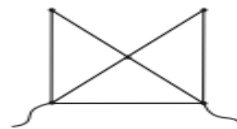
Задача № 4

Определите эквивалентное сопротивление проволочной сетки, изображённой на рисунке. Сопротивление каждого отрезка (вне зависимости от длины) равно R



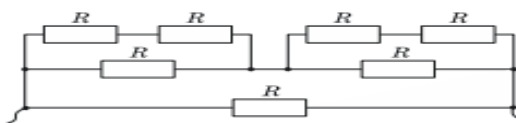
Способ 1

Рассмотрим отдельный фрагмент проволочной сетки:



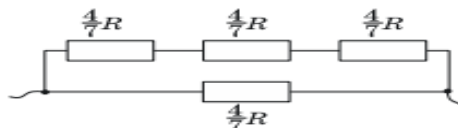
Изобразим эквивалентную схему этого участка:

Применяя формулы последовательного и параллельного соединений, найдем общее сопротивление R_1 выделенного участка:



$$R_1 = \frac{4}{7}R.$$

Можно заметить, что всю сетку можно преобразовать к виду:

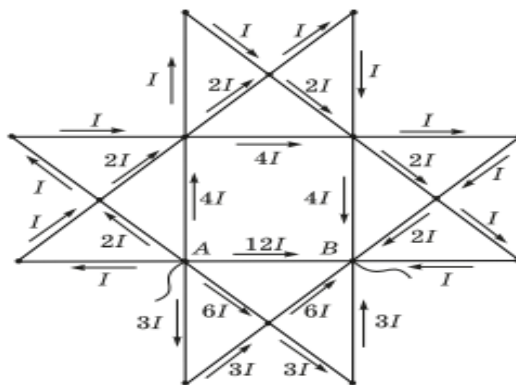


Применяя формулы последовательного и параллельного соединений, найдем эквивалентное сопротивление все проволочной сетки:

$$R_3 = \frac{3}{7}R \approx 0,43R.$$

Способ 2

Расставим токи в цепи с учетом симметрии и первого правила Кирхгофа.



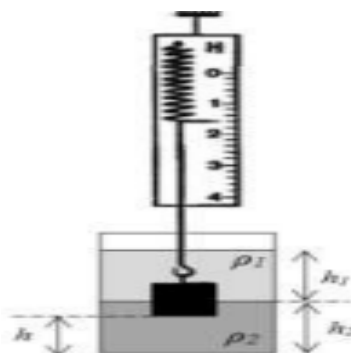
Общий ток I_0 в цепи равен: $I_0 = 28I$; $\varphi_A - \varphi_B = 12IR$.

Эквивалентное сопротивление R_3 вычисли с помощью закона Ома:

$$R_3 = \frac{\varphi_A - \varphi_B}{I_0} = \frac{12IR}{28I} = \frac{3}{7}R \approx 0,43R.$$

Задача № 5

Ученица 8 класса выполняла экспериментальное задание по исследованию выталкивающей силы различных жидкостей. Для этого она взяла цилиндрический сосуд и налила в него две несмешивающиеся жидкости плотностями ρ_1 и ρ_2 и высотами h_1 и h_2 соответственно. После этого она взяла динамометр, подвесила к нему металлическое тело и начала медленно опускать его в сосуд с жидкостями. В таблицу она вносила показания динамометра F в зависимости от глубины погружения h металлического тела. Определите: 1) высоты жидкостей h_1 и h_2 ; 2) объем металлического тела; 3) плотности жидкостей ρ_1 и ρ_2



$F, \text{ Н}$	6,3	6,3	6,3	5,4	4,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,3	3,0	2,7	2,7	2,7
$h, \text{ см}$	55	51	50	49	48	47	46	36	35	34	33	32	31	30

Примечание. Металлическое тело представляет собой кубик. Объем металлического кубика мал по сравнению с объемом сосуда, поэтому при его погружении в жидкости высоты их уровней не изменяются. Подвес динамометра считать невесомым и пренебрежимо малым по сравнению с размерами металлического кубика. Принять коэффициент $g = 10 \text{ Н/кг}$.