

**Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике
2025-2026 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 приведенным ниже критериям.

Таблица 1. Критерии оценки

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 заносят её в таблицу (см. табл. № 2) на первой странице работы и ставят 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. Лёд и спирт. (10 баллов)

В сосуде в тепловом равновесии находятся вода объёмом $V = 0,5$ л и кусочек льда. В сосуд начинают вливать спирт, температура которого 0°C , перемешивая содержимое. Сколько спирта нужно влить, чтобы лёд утонул? Плотность спирта $\rho_c = 800 \text{ кг/м}^3$. Считайте плотности воды и льда равными 1000 кг/м^3 и 900 кг/м^3 соответственно. Теплотой, выделяющейся при смешивании воды и спирта, пренебречь. Считайте, что объём смеси воды и спирта равен сумме объёмов исходных компонентов.

Возможное решение

В сосуде находится вода со льдом, что может быть только при температуре 0°C .

Согласно, условия задачи теплообмена спирта с водой и со льдом, а также с окружающей средой не будет. Поэтому масса льда останется неизменной. (1 балл)

Лёд утонет в смеси «вода-спирт», если его плотность будет больше или равна плотности смеси.

$$\begin{aligned}\rho_{\text{льда}} &\geq \rho_{\text{смеси}} \quad (1 \text{ балл}) \\ \rho_{\text{смеси}} &= \frac{m_{\text{смеси}}}{V_{\text{смеси}}} \quad (1 \text{ балл}) \\ m_{\text{смеси}} &= m_{\text{воды}} + m_{\text{спирта}} \quad (1 \text{ балл})\end{aligned}$$

$$m_{\text{воды}} = \rho_{\text{воды}} V_{\text{воды}} \quad (1 \text{ балл})$$

$$m_{\text{спирта}} = \rho_{\text{спирта}} V_{\text{спирта}} \quad (1 \text{ балл})$$

По условию задачи

$$V_{\text{смеси}} = V_{\text{воды}} + V_{\text{спирта}} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\rho_{\text{льда}} \geq \frac{\rho_{\text{воды}} V_{\text{воды}} + \rho_{\text{спирта}} V_{\text{спирта}}}{V_{\text{воды}} + V_{\text{спирта}}} \quad (1 \text{ балл})$$

$$V_{\text{спирта}} \geq \frac{(\rho_{\text{воды}} - \rho_{\text{льда}}) V_{\text{воды}}}{\rho_{\text{льда}} - \rho_{\text{спирта}}} \quad (1 \text{ балл})$$

$$V_{\text{спирта}} \geq \frac{(1000 - 900) 0,5}{900 - 800} = 0,5 \text{ л} \quad (1 \text{ балл})$$

Задача № 2. Энергия бутылки (10 баллов)

На какую высоту можно было бы поднять груз массой $m=1000$ кг, если бы удалось полностью использовать энергию, освобождающуюся при остывании 1 литра воды от $t_1 = 100^\circ\text{C}$ до $t_2 = 20^\circ\text{C}$? Удельная теплоёмкость воды 4200 Дж/(кг $^\circ\text{C}$), плотность воды 1000 кг/м³.

Возможное решение

При остывании воды освобождается энергия

$$Q = cm_1(t_1 - t_2) \quad (2 \text{ балла})$$

$$m_1 = \rho V \quad (2 \text{ балла})$$

Для того, чтобы поднять груз массой m на высоту h , должна быть выполнена работа

$$A = mgh \quad (2 \text{ балла})$$

Следовательно,

$$c\rho V(t_1 - t_2) = mgh$$

$$h = \frac{c\rho V(t_1 - t_2)}{mg} \quad (2 \text{ балла})$$

Выполнив подстановку числовых данных и вычисления, получаем, что $h=34$ м (2 балла)

Задача № 3. Рыбка в опасности. (10 баллов)

Проплывая со скоростью v_0 мимо большого коралла, маленькая рыбка почувствовала опасность и начала движение с постоянным (по модулю и направлению) ускорением $a = 2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

Через время $t = 5$ с после начала ускоренного движения её скорость оказалась направленной под углом 90° к начальному направлению движения и была в два раза больше начальной.

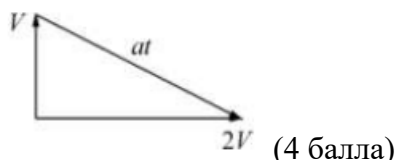
Определите модуль начальной скорости, с которой рыбка плыла мимо коралла.

Возможное решение

При равноускоренном движении скорость определяется по формуле

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t \quad (1 \text{ балл})$$

Учитывая, что $v = 2v_0$ и $\vec{v} \perp \vec{v}_0$ воспользуемся для решения треугольником скоростей. (2 балл)



По теореме Пифагора находим искомую величину

$$(at)^2 = v_0^2 + 4v_0^2 \quad (1 \text{ балл})$$

$$v_0 = \frac{at}{\sqrt{5}} \quad (1 \text{ балл})$$

Выполнив подстановку числовых данных и вычисления получаем, что $v_0 \approx 4,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (1 балл)

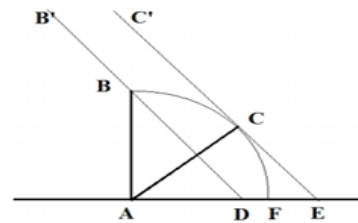
Задача № 4. Тень от столба (10 баллов)

Столб, стоящий вертикально на горизонтальной площадке, освещаемый солнечным светом, имеет высоту $h = 9$ м и отбрасывает тень длиной $L = 12$ м. Столб начинает медленно падать в сторону отбрасываемой им тени так, что его нижний конец не сдвигается с места. Длина тени при этом до определенного момента увеличивается, а потом начинает уменьшаться. Чему равна максимальная длина тени от столба?

Возможное решение

Большая удаленность источника света (Солнца) определяет параллельность солнечного излучения: лучи $B'D$ и $C'E$ параллельны друг другу (смотри рисунок). **(2 балла)**

В соответствии с условием задачи вершина столба В примедленном падении описывает дугу окружности BCF с радиусом, равным высоте столба АВ. Тень от столба определяется параллельными лучами, которые располагаются между лучами $B'D$ и $C'SE$. При этом край тени от падающего столба находится в интервале



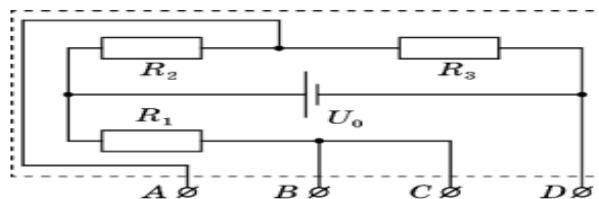
Поскольку луч $C'SE$ является касательной к дуге окружности BCF , то радиус AC перпендикулярен $C'SE$. **(2 балла)** По равенству острых углов и катетов прилежащих к ним прямоугольные треугольники $\triangle DBA$ и $\triangle EAC$ равны. **(2 балла)**

Исходя из равенства треугольников, максимальная длина тени от падающего столба соответствует длине отрезка AE , который представляет собой гипотенузу прямоугольного треугольника $\triangle EAC$. Таким образом, максимальная длина тени от падающего столба соответствует следующему выражению

$$AE = \sqrt{(AC)^2 + (CE)^2} = \sqrt{h^2 + L^2} = 15 \text{ м} \quad (2 \text{ балла})$$

Задача № 5. Серый ящик. (10 баллов)

В «сером» ящике собрана электрическая цепь схема, которой приведена на рисунке. К клеммам АВ ящика подключают идеальный вольтметр, а к клеммам CD – различные резисторы, сопротивления которых в n раз больше, чем у резистора R_1 . Зависимость показаний вольтметра U от n представлена в таблице



U, B	2,2	3,9	5,0	5,4	6,2	6,5	6,9
n	1	2	3	4	5	7	8

1. Выведите формулу теоретической зависимости $U(n)$.
2. Постройте график зависимости $U(n)$ по данным таблицы.
3. Определите напряжение U_0 источника и отношение $k = R_3 / R_2$.

Для этого можете либо:

- осуществить линеаризацию зависимости $U(n)$, т.е. найти такую функцию $z(n)$, для которой зависимость $U(z)$ является линейной и построить её график, по которому определить U_0 и k .
- использовать две пары значений из таблицы и уравнение, полученное в пункте 1 задания. Выбор значений U и n для расчета необходимо обосновать с помощью графика, построенного в пункте 2 задания.

Возможное решение

Возможное решение (С. Кармазин).

Сила тока через резисторы R_2 и R_3 равна $I_1 = U_0 / (R_2 + R_3)$. Напряжение на резисторе R_3 (напряжение между точками 0 и 1) равно

$$(1) \quad U_{01} = I_1 R_3 = \frac{U_0 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{k U_0}{1 + k}.$$

Аналогично, напряжение на резисторе nR_1 (между точками 0 и 2) равно

$$(2) \quad U_{02} = \frac{nR_1 U_0}{R_1 + nR_1} = \frac{n U_0}{1 + n}.$$

Показание U вольтметр (напряжение между точками 1 и 2), равно разности U_{02} и U_{01} . Знак этой разности не имеет значения (всегда можно поменять полярность подключения вольтметра).

$$(3) \quad U = \frac{n U_0}{1 + n} - \frac{k U_0}{1 + k}.$$

1. График зависимости $U(n)$ представлен на рис.2.

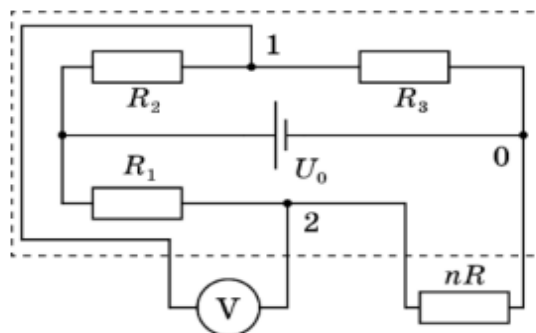


Рис. 1

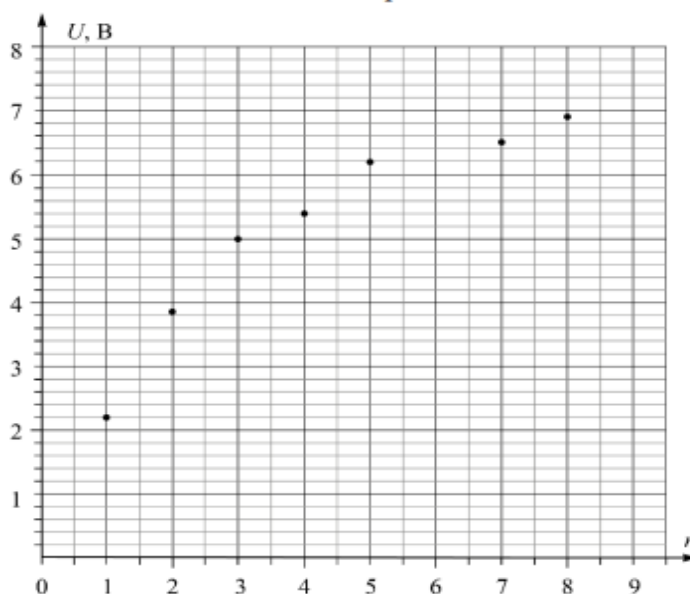


Рис. 2

2. Визуальный анализ графика на рис. 2 позволяет предположить, что точки при $n = 4$ и $n = 7$ лежат несколько ниже общего тренда зависимости $U(n)$. Вычислим искомые величины, используя, например, значения U для $n = 2$ и $n = 5$.

С помощью (3) и табл.1 получаем 2 линейных уравнения с двумя неизвестными:

$$(4) \quad 3,85 \text{ В} = \frac{2}{3} U_0 - \frac{k U_0}{1 + k}.$$

$$(5) \quad 6,20 \text{ В} = \frac{5}{6} U_0 - \frac{k U_0}{1 + k}.$$

Решая совместно уравнения (4) и (5) находим: $U_0 \approx 14 \text{ В}$; $k \approx 0,7$.

3. Проводить сложные математические преобразования для линеаризации зависимости $U(n)$ нет необходимости. Из (3) видно, что функция $z(n)$ имеет вид $z = n / (1 + n)$.

Для построения зависимости $U(z)$ дополним таблицу в условии значениями $n / (1 + n)$.

$U, \text{В}$	2,20	3,85	5,00	5,40	6,20	6,50	6,90
n	1	2	3	4	5	7	8
$\frac{n}{1+n}$	0,5	0,67	0,75	0,8	0,83	0,88	0,89

строим график $U\left(\frac{n}{1+n}\right)$.

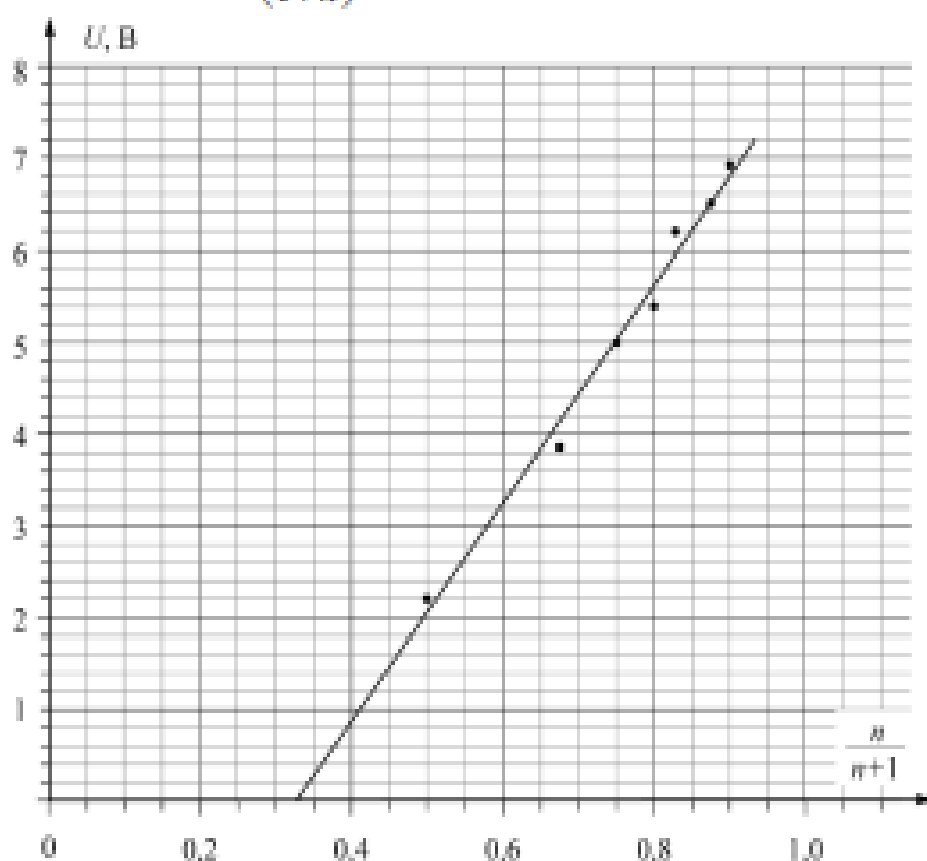


Рис. 3

5. Возьмем две «хорошие» точки на графике, в которых прямая линия проходит через перекрестия линий графической бумаги. Например, $\frac{n}{1+n} = 0,38$; $U = 0,6 \text{ В}$ и

$$\frac{n}{1+n} = 0,88; U = 6,6 \text{ В.} \quad \text{Тогда } U_0 = \frac{\Delta U}{\Delta\left(\frac{n}{1+n}\right)} = 12 \text{ В.}$$

График зависимости $U\left(\frac{n}{1+n}\right)$ пересекает горизонтальную ось в точке $\frac{n}{1+n} = 0,33$.

В этой точке $U = 0$, следовательно $\frac{k}{1+k} = 0,33$ и $k = 0,5$.