РЕШЕНИЯ И ОТВЕТЫ К ЗАДАНИЯМ
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
ФИЗИКА
2020-2021 уч. год
9 класс

Время проведения – **3 часа 50 мин (230 минут)**.
Максимальное количество баллов – **50**.

Рекомендации по оцениванию выполненных заданий

1. Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.
2. Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.
3. Не допускается снятие баллов за «плохой почерк» и неаккуратное оформление записей.
4. Решения и подходы школьников могут отличаться от решений, предложенных методической комиссией, быть не рациональными.
5. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок.

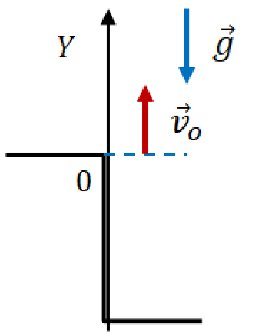
Критерии оценивания решений

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
9	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение
6-8	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев
3-4	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.
1-2	Есть отдельные уравнения, **относящиеся к сути задачи** при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное или отсутствует

Задача 1. Антон, находясь на краю обрыва, бросил камень вертикально вверх. Через некоторое время камень, падая вниз, проходит точку бросания и падает в обрыв. Известно, что за промежуток времени $\tau = 1$ с, отсчитываемый от момента броска, камень прошел путь $S = 2{,}9$ м. Определите начальную скорость камня, сообщённую ему при броске. Ускорение свободного падения считать равным $g = 10$ м/с^2. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Возможное решение

Пути вверх S_1 и вниз S_2:



$$S_1 = \frac{gt_1^2}{2}, \qquad (1)$$

$$S_2 = \frac{gt_2^2}{2}, \qquad (2)$$

где t_1 – время подъема; t_2 – время спуска.

Общий путь:

$$S = S_1 + S_2 = \frac{g}{2}\left(t_1^2 + t_2^2\right) \qquad (3)$$

$$\tau = t_1 + t_2 \text{ или } t_2 = t - t_1 \qquad (4)$$

Тогда (3) запишется как

$$\frac{2S}{g} = t_1^2 + (t - t_1)^2 = 2t_1^2 - 2tt_1 + t^2 \qquad (5)$$

или

$$t_1^2 - tt_1 + \frac{1}{2}t^2 - \frac{S}{g} = 0.$$

Корни квадратного уравнения : $t_1 = 0{,}7$ с и $t_1 = 0{,}3$ с.

Начальную скорость v_o найдем из условия:

$$v = v_o - gt_1 = 0 \qquad (6)$$

$$v_o = 7\frac{\text{м}}{\text{с}} \quad \text{и} \quad v_o = 3\frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Ответ: $v_o = 7\frac{\text{м}}{\text{с}}$; $v_o = 3\frac{\text{м}}{\text{с}}$

Критерии оценивания:

1.	Верно записано выражение для пути вверх	3 балла
2.	Верно записано выражение для пути вниз	2 балла
3.	Верно записано выражение для общего пути	1 балл

4.	Правильно составлено уравнение для определения t_1	2 балла
5.	Получен правильный ответ	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 2. Длинная проволока состоит из трех частей, соединенных последовательно друг за другом. Первая часть длиной в четверть от длины всей проволоки имеет линейную плотность $\lambda_1 = 30$ г/дм. Вторая часть массой в треть от массы всей проволоки имеет линейную плотность λ_2. Масса третьей части равна сумме масс первых двух. Определите среднюю линейную плотность $\lambda_{\text{ср}}$ всей проволоки. Какая минимальная линейная плотность λ_2 может быть у второй части проволоки?

Примечание: Линейной плотностью протяженных тел λ называют массу единицы их длины.

Возможное решение

Средняя линейная плотность всей проволоки равна

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{m}{l}, \qquad (1)$$

где m – масса всей проволоки, а l – ее длина. По условию масса первой части равна

$$m_1 = \frac{m}{2} - \frac{m}{3} = \frac{m}{6}. \qquad (2)$$

Откуда

$$\lambda_1 = \frac{4m}{6l} = \frac{2\lambda_{\text{ср}}}{3} \text{ или } \lambda_{\text{ср}} = \frac{3\lambda_1}{2} = 45\,\frac{\text{г}}{\text{дм}}. \qquad (3)$$

Так как масса второй части проволоки фиксирована, то минимальная линейная плотность λ_2 достигается при максимальной длине второй части. Но она, по условию, не может превысить $3l/4$, откуда

$$\lambda_2 = \frac{4m}{9l} = \frac{\lambda_{\text{ср}}}{9} = 20\,\frac{\text{г}}{\text{дм}}. \qquad (4)$$

Ответ: 45 г/дм; 20 г/дм

Критерии оценивания:

1. Выражение для средней линейной плотности 1 балл
2. Найдена доля массы, соответствующая первой части 1 балл
3. Установлена связь средней линейной плотности с линейной плотностью первого участка 1 балл
4. Найдено численное значение с указанием единиц измерения средней линейной плотности 2 балла
5. Обоснование минимального значения линейной плотности

	второго участка	1 балл
6.	Найдена максимальная длина второго участка	2 балла
7.	Найдено численное значение с указанием единиц измерения минимальной линейной плотности второго участка	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 3. Лампочка от фонарика рассчитана на напряжение 2,5 В, ток при этом составляет 0,2 А. У нас есть источник напряжением 6 В и реостат на 10 Ом (у реостата сделаны выводы от краев обмотки и от «движка», который может контактировать с любым витком). Как нужно присоединить лампочку к источнику, чтобы она горела нормально? Где должен находиться «движок» реостата.

Возможное решение

Нельзя просто соединить последовательно лампочку и реостат – максимальное его сопротивление 10 Ом и при токе 0,2 А дает напряжение 2 В, а нужно не менее 6 В – 2,5 В = 3,5 В. Ясно, что часть потенциометра должна быть подключена параллельно лампочке, чтобы ток в цепи увеличился, и оставшаяся часть потенциометра смогла “погасить“ необходимые 3,5 В.

Обозначим сопротивление параллельной части x, тогда последовательная часть составит $10-x$. Ток через параллельную часть при напряжении 2,5 В составляет $2{,}5/x$, вместе с током лампочки будет $0{,}2+2{,}5/x$. Получим уравнение

$$\left(0{,}2+\frac{2{,}5}{x}\right)\cdot(10-x)=3{,}5, \quad (1)$$

или, после преобразований,

$$x^2+20x-125=0. \quad (2)$$

Используя терему Виета, получаем корни уравнения

$$x_1=5,\ \ x_2=-2{,}5. \quad (3)$$

Естественно оставляем положительный корень $\mathrm{x}=5$. Это означает, что движок потенциометра установлен как раз посередине реостата.

Ответ: параллельно; посередине

Критерии оценивания:

1.	Приведено обоснование схемы подключения части потенциометра и лампочки	3 балла
2.	Записано уравнение (1)	3 балла
3.	Получено уравнение (2)	1 балл
4.	Выбран правильный корень уравнения	1 балл
5.	Сделан вывод о том, где будет находиться движок реостата	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 4. В сосуд, содержащий $0{,}6$ кг воды при температуре $10°\mathrm{C}$, опускают $0{,}8$ кг льда, взятого при $-20°\mathrm{C}$. Пренебрегая теплообменом с окружающей средой и теплоемкостью сосуда, определить температуру и состав содержимого сосуда. Теплоемкость воды принять $c_\text{в} = 4{,}19 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), теплоемкость льда $c_\text{л} = 2{,}1 \cdot 10^3$ Дж/(кг $\cdot$ °C), удельная теплота плавления $\lambda = 3{,}3 \cdot 10^5$ Дж/кг.

Возможное решение

Определим количество теплоты, выделяемое при остывании воды до °C:

$$Q_1 = m_\text{в} c_\text{в} t_1 = 0{,}6 \cdot 4{,}19 \cdot 10^3 \cdot 10 \approx 25 \text{ кДж} \qquad (1)$$

Количество теплоты, поглощаемое при нагревании льда до °C:

$$Q_2 = m_\text{л} c_\text{л} t_2 = 0{,}8 \cdot 2{,}1 \cdot 10^3 \cdot 20 \approx 33{,}6 \text{ кДж} \qquad (2)$$

Так $Q_2 > Q_1$, часть воды превращается в лед

$$Q_3 = \Delta m_\text{л} \lambda \qquad (3)$$

Уравнение теплового баланса

$$Q_1 + Q_3 = Q_{2.} \qquad (4)$$

Отсюда получаем

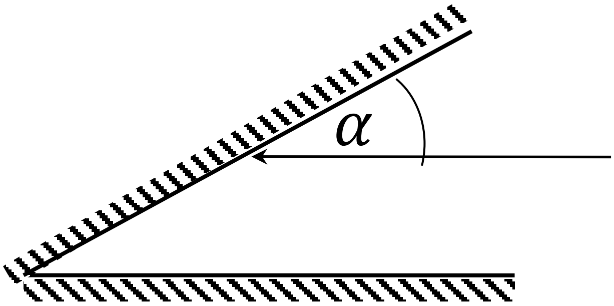
$$\Delta m_\text{л} = \frac{m_\text{л} c_\text{л} t_2 - m_\text{в} c_\text{в} t_1}{\lambda} = 0{,}025 \text{ кг.} \qquad (5)$$

Ответ: В сосуде при 0°C будет 575 г воды и 825 г льда.

Критерии оценивания:

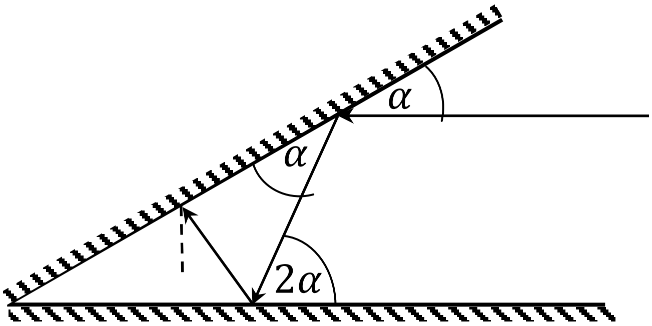
1.	Численная оценка теплоты Q_1	2 балла
2.	Численная оценка теплоты Q_2	2 балла
3.	Правильный вывод о том, часть воды превратиться в лед	2 балла
4.	Найдена масса воды, превратившаяся в лед	2 балла
5.	Получен правильный ответ	2 балла
	Всего	10 баллов

Задача 5. Два зеркала образуют двухгранный угол, равный $\alpha = 15^o$. Луч света падает внутрь этого угла параллельно одному из зеркал. Сколько отражений испытает луч, прежде чем он вернется обратно?



Возможное решение

Построим ход луча после нескольких отражений



Так как угол падения равен углу отражения, то из рассмотрения 2, 3 и т.д. отражений можно получить, что угол между плоскостью зеркала и падающим лучом будет последовательно увеличиваться на $\alpha = 15^o$и при - том отражении будет составлять $\alpha_n = n\alpha$. Луч развернется после $n+1$ отражений, если на n-том угол $\alpha_n \geq 90^0$. Таким образом в настоящей задаче $n = 6$ и луч развернется в обратном направлении после семи отражений.

Ответ: луч вернется обратно после 7 отражений.

Критерии оценивания:

1. Сделан рисунок 1 балл
2. Использован закон равенства углов падения и отражения 2 балла
3. Рассмотрены несколько последовательных отражений 2 балла

4.	Сделан вывод об увеличении угла между лучом и зеркалом на $\alpha = 15^{o}$ при каждом отражении	2 балла
5.	Приведено условие возвращения луча	1 балл
6.	Получено число отражений перед разворотом	1 балл
7.	Получено полное число отражений	1 балл
	Всего	10 баллов