

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по физике
2016-2017 учебный год
9 класс
Максимальный балл 50**

1. Первый вагон тронувшегося с места поезда прошел мимо наблюдателя, стоявшего у начала этого вагона, за время t_1 , а последний – за t_2 . Считая движение поезда равноускоренным, а вагоны одинаковыми, найдите время движения мимо наблюдателя всего поезда.

Возможное решение

Пусть длина одного вагона L , то для первого вагона $L = \frac{at_1^2}{2}$. Пусть в поезде N вагонов, а время прохождения его мимо наблюдателя t , тогда $N \cdot L = \frac{at^2}{2}$

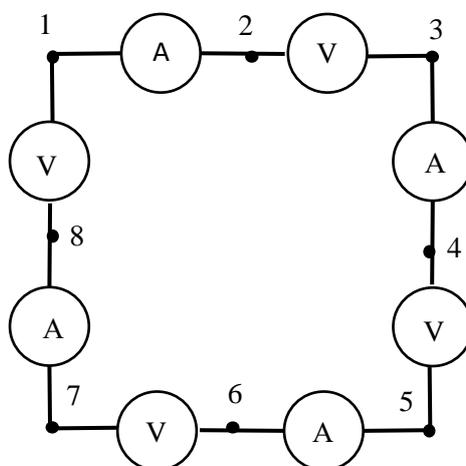
$(N-1)$ вагонов пройдут за время $(t-t_2)$, значит $(N-1) \cdot L = \frac{a}{2} (t - t_2)^2$

Тогда $\frac{at_1^2}{2} = \frac{a}{2} (t^2 - (t - t_2)^2)$ или $t = \frac{t_1^2 + t_2^2}{2t_2}$

Критерии оценивания

1	Записано выражения для нахождения длины первого вагона	2 балла
2	Записано выражение для нахождения длины всего поезда	2 балла
3	Записано выражение для нахождения длины $(N-1)$ вагонов	2 балла
4	Выполнены математические преобразования	2 балла
5	Получен ответ	2 балла
<i>Максимальное количество баллов</i>		<i>10 баллов</i>

2. Четыре одинаковых амперметра и четыре одинаковых вольтметра соединены так, как показано на рисунке. Внутреннее сопротивление каждого амперметра $R_A = 10$ Ом, внутреннее сопротивление каждого вольтметра $R_V = 1$ кОм. К любым двум точкам цепи (обозначенным на рисунке цифрами) можно подключить идеальную батарейку (без внутреннего сопротивления) напряжением $U_0 = 10$ В.



Определите:

- 1) К каким точкам нужно подключить батарейку, чтобы сумма показаний всех **амперметров** была **максимальной**? Чему при этом будет равна сумма их показаний?

- 2) К каким точкам нужно подключить батарейку, чтобы сумма показаний всех **вольтметров** была **минимальной**? Чему при этом будет равна сумма их показаний?
- 3) К каким точкам нужно подключить батарейку, чтобы сумма показаний всех **вольтметров** была **максимальной**? Чему при этом будет равна сумма их показаний?

Все ваши ответы должны быть обоснованы.

Возможное решение

Вопрос №1.

При подключении батарейки к любой паре точек образуются две параллельные цепочки из амперметров и вольтметров, подключенные к батарейке. Соответственно напряжение на каждой цепочке составляет 10 В. Заметим, что так как сопротивление амперметра много меньше сопротивления вольтметра, то если подключить батарейку к амперметру напрямую через него побежит ток $\frac{U_0}{R_A} = 1\text{А}$. Если же последовательно с амперметром будет подключен хотя бы один вольтметр, то ток в такой цепочке будет меньше, чем $\frac{U_0}{R_V} = 0,01\text{А}$. И даже если в этой цепочке будет несколько амперметров, то сумма их показаний будет все равно гораздо меньше 1А. Поэтому в первом случае мы должны подключить батарейку напрямую к амперметру, то есть к точкам 1-2 или 3-4 или 5-6 или 7-8. В этом случае амперметр, подключенный к батарейке будет показывать ток 1А, а остальные - $\frac{U_0}{3R_A+4R_V} = 2,48\text{мА}$. Таким образом сумма показаний всех амперметров буде равна $1000\text{мА} + 3 * 2,48\text{мА} = 1007,44\text{ мА}$.

Вопрос №2.

Как было сказано ранее при подключении батарейки образуется две параллельные ветки. Сумма напряжений на всех приборах в каждой из веток равна напряжению на батарейке 10 В. Значит, как бы мы не подключаем батарейку сумма напряжений на всех приборах будет равна 20 В. Если мы хотим добиться минимальной суммы напряжений на всех вольтметрах, то должны добиться максимальной суммы напряжений на всех амперметрах. А так как напряжение на амперметре пропорционально току через него, то нужно добиться максимальной суммы токов, а этого мы уже добились в первом вопросе. Причем так как сумма токов текущих через амперметры равна 1007,44 мА, то сумма напряжений на них будет равна $1007,44\text{ мА} * 10\text{ Ом} = 10,074\text{ В}$, значит сумма напряжений на вольтметрах будет равна $20\text{ В} - 10,074\text{ В} = 9,926\text{ В}$. Соответственно достигаться это будет так же при подключении батарейки к точкам 1-2 или 3-4 или 5-6 или 7-8.

Вопрос №3.

По аналогии со вторым вопросом теперь нам нужно добиться минимально возможной суммы показаний амперметров. В этом случае сумма показаний вольтметров будет максимальной.

Рассмотрим возможные варианты:

Первая ветка	Вторая ветка	Ток в первой ветке, мА	Ток во второй ветке, мА	Сумма показаний амперметров, мА
V	4A+3V	10,000	3,289	19,868
V+A	3A+3V	9,901	3,300	19,802
V+2A	2A+3V	9,804	3,311	26,203
2V+A	3A+2V	4,975	4,926	19,753
2V+2A	2V+2A	4,950	4,950	19,802

Значит нужно подключать батарейку к точкам 8-3 или 2-5 или 4-7 или 6-1.

Сумма показаний вольтметров по аналогии со вторым вопросом будет равна $20 \text{ В} - 10 \text{ Ом} * 19,753 \text{ мА} = 19,802 \text{ В}$.

Критерии оценивания.

1	Учащийся грамотно применял Закон Ома и законы последовательного и параллельного соединений	1 балл
2	Вопрос №1 за указание пары точек за численное значение суммы показаний	0,5 балла 0,5 балла
3	Грамотное и доказательное обоснование ответа	2 балла
4	Вопрос №2 за указание пары точек за численное значение суммы показаний	0,5 балла 0,5 балла
5	Грамотное и доказательное обоснование ответа	2 балла.
6	Вопрос №3 за указание пары точек за численное значение суммы показаний	0,5 балла 0,5 балла
7	Грамотное и доказательное обоснование ответа	2 балла
<i>Максимальное количество баллов</i>		10 баллов

Примечания по оцениванию работ:

Баллы за ответы ставятся даже если нет доказательства (или оно не правильное) того, что батарейку нужно подключать именно к этим выводам. Учащимся достаточно в каждом вопросе указать хотя бы одну пару точек.

Учащийся не обязан решать задачу авторским способом. Они могут просто перебрать всевозможные варианты подключения и рассчитать каждый из них. Если ответы получены правильно и корректно обоснованы, то учащиеся должны получать полный балл за соответствующие пункты.

3. В теплоизолированный цилиндрический сосуд поместили кусок льда при нулевой температуре и прочно прикрепили его ко дну. Затем залили этот лед таким же по массе количеством воды. Вода полностью покрыла лед и достигла уровня $H = 20$ см. Определите, какова была температура этой воды, если после установления теплового равновесия уровень ее опустился на $b = 0,40$ см. Плотность воды 1000 кг/м^3 , льда 900 кг/м^3 , удельная теплоемкость воды $4,2 \text{ кДж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$, удельная теплоемкость льда $2,1 \text{ кДж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)}$, удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг .

Возможное решение

1. Определим, на сколько изменится уровень воды, если бы весь лед, находящийся в сосуде, растаял:

Первоначальный объем вещества в сосуде $\frac{M}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M}{\rho_{\text{в}}} = HS$, где M - масса воды и льда в сосуде, S - площадь сечения цилиндра, $\rho_{\text{л}}$ - плотность льда, $\rho_{\text{в}}$ - плотность воды. После таяния всего льда количество жидкости в сосуде будет равно $\frac{M}{\rho_{\text{л}}} - \frac{M}{\rho_{\text{в}}} = aS$, где a - изменение уровня жидкости в сосуде. Подставив численные данные, получаем $a = 1,05 \text{ см} > b$. Это означает, что не весь лед в сосуде растает, установившаяся температура в системе равна $t_{\text{пл}} = 0^{\circ}\text{C}$.

2. Запишем уравнение теплового баланса $cM(t_{\text{в}} - t_{\text{пл}}) = m_{\text{л}}\lambda$, где $t_{\text{в}}$ - начальная температура воды, $m_{\text{л}}$ - масса растаявшего льда.

3. Запишем уравнения для начального уровня воды в сосуде $\frac{M}{\rho_{\text{л}}} + \frac{M}{\rho_{\text{в}}} = HS$ и для изменения уровня воды после установления теплового равновесия $\frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{л}}} - \frac{m_{\text{л}}}{\rho_{\text{в}}} = bS$

4. Решаем совместно систему уравнений, получим $t_{\text{в}} = \frac{\lambda b \rho_{\text{в}} + \rho_{\text{л}}}{cH \rho_{\text{в}} \rho_{\text{л}}}$, где c - удельная теплоемкость воды, λ - удельная теплота плавления льда.

5. Подставим численные данные, получим $\approx 30^{\circ}\text{C}$.

Критерии оценивания:

1	Запись уравнения теплового баланса	1 балл
2	Связь массы воды, льда и первоначального уровня жидкости в сосуде	2 балла
3	Обоснование того, что не весь лед растает	2 балла
4	Связь изменения уровня воды в сосуде с массой растаявшего льда	2 балла
5	В уравнение теплового баланса учтено, что растает часть льда	1 балл
6	Решение системы уравнений и нахождение начальной температуры воды	1+1 балл
	<i>Максимальное количество баллов</i>	10 баллов

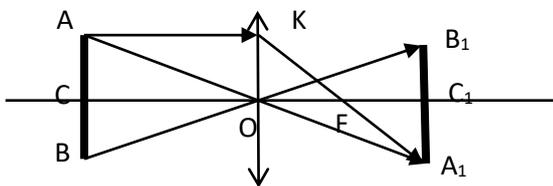
4. Вася нарисовал картинку, закрашивая квадратики на стандартном листочке бумаги в клеточку (см. рис.), который позже решил сфотографировать на камеру своего телефона. Самая четкая фотография рисунка получилась, когда расстояние между телефоном и рисунком составило 20 см. Считая расстояние между линзой и матрицей равным 2 мм (матрица оцифровывает изображение, формируемое лучами после линзы), определите фокусное расстояние линзы в фотокамере телефона (ответ дать с точностью до сотых миллиметра). Каково оптическое увеличение в этом случае? Определите площадь изображения рисунка на матрице фотоаппарата?



Возможное решение

1. а) Воспользовавшись формулой тонкой линзы $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$, можно получить $F = \frac{d \cdot f}{f + d} = 1,98 \text{ мм}$

б) Также подобное соотношение можно получить из подобия пары треугольников ABO и A_1B_1O , KOF и FA_1C_1 .



AB – предмет
 A_1B_1 – изображение предмета
 O – оптический центр линзы
 F – фокус линзы
 C и C_1 – середины отрезков AB и A_1B_1
 K – точка преломления луча в линзе

$\frac{AC}{A_1C_1} = \frac{CO}{C_1O}$ и $\frac{KO}{A_1C_1} = \frac{AC}{A_1C_1} = \frac{OF}{C_1O - OF}$, где OF и есть искомое фокусное расстояние.

$\frac{CO}{C_1O} = \frac{OF}{C_1O - OF}$, откуда получаем

$$OF = \frac{C_1O \cdot CO}{C_1O + CO} = \frac{0,002 \cdot 0,2}{0,002 + 0,2} = 1,98 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

2. Оптическое увеличение линзы найдем по формуле $D = \frac{1}{F} = \frac{1}{1,98 \cdot 10^{-3}} = 505 \text{ Дптр}$

3. Площадь рисунка составит $32 \cdot 32$ клеточки, или $(5 \text{ мм} \cdot 32 \text{ шт})^2 = (0,005 \text{ м} \cdot 32 \text{ шт})^2 = 0,0256 \text{ м}^2 = 256 \text{ мм}^2$

Площадь изображения рисунка будет в $\left(\frac{AB}{A_1B_1}\right)^2 = \left(\frac{CO}{C_1O}\right)^2 = \left(\frac{0,2}{0,002}\right)^2 = 100^2 = 10^4$ раз меньше, что составит $S=256 \cdot 10^{-4} \text{мм}^2$.

Критерии оценивания

1	<p>Вариант а) Записана формула тонкой линзы -</p> <p>Осуществлен перевод в метры</p> <p>Получен верный числовой результат</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p> <p>1 балл</p>
2	<p>Вариант б) Составлен рисунок</p> <p>Приведено правильное соотношение сторон из подобных треугольников</p> <p>необходимое для решения задачи</p> <p>Получен верный числовой результат</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл.</p> <p>1 балл</p>
3	<p>Записана формула $D = \frac{1}{F}$</p> <p>получен верный числовой ответ.</p>	<p>1 балл</p> <p>1 балл</p>
4	<p>Определена площадь рисунка в любых единицах измерениях</p> <p>Получено соотношение между площадью рисунка и его изображением</p> <p>Определена площадь изображение рисунка на матрице фотоаппарата</p>	<p>1 балл</p> <p>3 балла</p> <p>1 балл.</p>
<i>Максимальное количество баллов</i>		10 баллов

5. При помощи предложенного оборудования определите массу стаканчика с грузом внутри. Плотность воды считать равной 1000 кг/м^3 .

Оборудование: 2 больших сосуда с водой, стаканчик с грузом, шприц объёмом 5 мл.

Возможный вариант решения.

Ручкой отмечаем уровень воды в прозрачном сосуде. Затем в этот сосуд помещаем стаканчик с грузом и при помощи шприца доливаем в него воду. Воду в стаканчик льём до тех пор, пока стаканчик не будет устойчиво плавать, не касаясь стенок большого сосуда. Наливаемую

воду измеряют при помощи шприца, таким образом, мы знаем объём воды в стаканчике V_1 . Теперь при помощи шприца нужно выкачать воду из большого сосуда до начального уровня, отмеченного на его стенке. При этом опять меряем объём откачанной воды – это будет объём воды V_2 , который вытеснил стаканчик при наполнении его водой.

Запишем условие плавания тел: $(m_{\text{стакана}} + m_{\text{воды}})g = \rho g V_2$

Если массу воды в стакане расписать через плотность и объём, а так же сократить g , то получим: $m_{\text{стакана}} + \rho V_1 = \rho V_2$

Отсюда выводим расчётную формулу: $m_{\text{стакана}} = \rho(V_2 - V_1)$

Для увеличения точности эксперимент необходимо проделать хотя бы три раза и полученные данные усреднить.

Критерии оценивания

1	Правильная идея эксперимента (т.е. идея не противоречит законам физики и реализуема на практике)	4 балла
2	Вывод расчётной формулы	2 балла
3	Серия экспериментов (2 – 3 и больше)	2 балла
4	Результат (отличается от истинного не более чем на 15%)	2 балла
<i>Максимальное количество баллов</i>		10 баллов