

Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по физике
9 класс

Критерии оценивания и возможные решения
Максимальный балл – 50 баллов
(за выполнение каждого задания – 10 баллов)

1. Туристы Коля и Миша решили отправиться на море и взяли билеты на поезд в один вагон. Они встретились на платформе у головы состава и решили провести небольшой эксперимент. Когда поезд тронулся, они побежали с одинаковой скоростью $v = 5 \text{ м/с}$, первый против хода поезда, а второй – по ходу. Коля добрался до своего вагона через время $t_1 = 8 \text{ с}$. Через какое время до этого вагона доберётся Миша, если ускорение поезда $a = 1 \text{ м/с}^2$?

Возможное решение

Пусть расстояние от головы состава до нужного вагона L . Вагон за время t_1 переместится навстречу Коле на расстояние $at_1^2/2$, а Коля до встречи с вагоном на расстояние $v \cdot t_1$. Тогда $L = v \cdot t_1 + at_1^2/2$. (1+1+1 балла).

Пусть Миша добирается до вагона за время t_2 , он пробегает расстояние $v \cdot t_2$, а догоняющий его вагон расстояние большее на L , то есть $vt_2 + L$.

С другой стороны, пройденное вагоном расстояние это $at_2^2/2$, Таким образом

$$v \cdot t_2 + L = at_2^2/2 \quad (1+1+1 \text{ балла}).$$

Если подставить выражение для L через t_1 (возможно и сразу числовое значение), то получим квадратное уравнение для t_2 , его корни $t_2 = -t_1$ и $t_2 = 2v/a + t_1 = 18 \text{ с}$ (3 балла). Первый корень не годится, хотя бы потому, что до начального момента пассажиры и поезд стояли на месте (1 балл). Если посторонний корень не выписан, а оставлен только нужный (неявный выбор), то 1 балл остаётся. Снимается он, если оставлено без пояснения два решения.

Комментарий: Можно найти время $\tau = 2v/a$, за которое голова поезда догонит Мишу (4 балла), так как с этого момента относительное движение оказывается таким же, как для Коли, (3 балла) то $t_2 = 2v/a + t_1$ (3 балла).

2. Кусок льда массой 20 кг с температурой -20°C опустили в теплоизолированный сосуд с 20 кг воды при температуре 70°C . Определите массу воды в сосуде к моменту наступления теплового равновесия и конечную температуру. Удельная теплоемкость льда $2100 \text{ Дж /кг } ^\circ\text{C}$; воды $4200 \text{ Дж /кг } ^\circ\text{C}$; удельная теплота плавления льда $3,3 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг}$.

Возможное решение

Для того, чтобы выполнить решение задачи, сделаем предварительную оценку количеств теплоты, которые необходимы для нагревания льда до 0°C , плавления льда и тепла, которое выделится при остывании воды до нуля.

В результате расчетов получаем соответственно

$$840 \text{ кДж}, 6600 \text{ кДж} \text{ и } 5880 \text{ кДж}. \quad (1+1+1 \text{ балл})$$

Анализ полученных данных позволяет понять, что к моменту установления теплового равновесия вода остынет до 0°C , лед нагреется до 0°C , и часть льда расплавится. (+ 2 балла)

Так как в системе останется лед и вода, то установившаяся температура будет равной 0°C . На плавление льда пойдет количество теплоты, равное разности 5880 кДж и 840 кДж . (+ 2 балла)

В результате плавления льда образуется масса воды, равная

$$\frac{5880 \text{ кДж} - 840 \text{ кДж}}{3,3 \cdot 10^2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}} = 15,3 \text{ кг} \quad (+ 1 \text{ балл})$$

Таким образом, к моменту установления теплового равновесия в системе будет 35,3 кг воды при температуре 0°C . И не забываем, что в этой воде будет плавать лед. (+ 2 балла).

3. Для определения сопротивления резистора собрали цепь. Показания приборов $U_1=1 \text{ В}$ и $I_1=1 \text{ А}$. Если поменять амперметр и вольтметр местами, то их показания станут $U_2=2 \text{ В}$ и $I_2=0,5 \text{ А}$. Определить сопротивления резистора, вольтметра и амперметра.

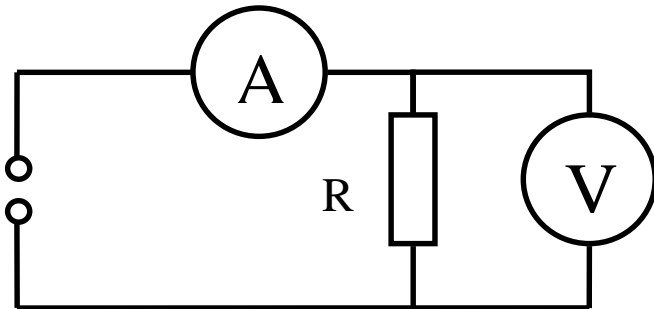


Рисунок к задаче 3

Возможное решение

Пусть R , R_A , R_V – сопротивления резистора, амперметра и вольтметра, а U – напряжение источника тока.

По закону Ома и свойству последовательного и параллельного соединения проводников для первого и второго случаев получим:

$$U = I_1 R_A + U_1, \quad (1 \text{ балл})$$

$$U = U_2 + I_2 R_A, \quad (1 \text{ балл})$$

$$(I_1 - I_2) R_A = U_2 - U_1,$$

$$R_A = \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} = 2 \text{ Ом} \quad (2 \text{ балла})$$

$$U = I_1 \frac{U_2 - U_1}{I_1 - I_2} + U_1 = \frac{I_1 U_2 - I_2 U_1}{I_1 - I_2}$$

В первом случае через вольтметр и резистор течёт ток

$$I_1 = U_1 \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R} \right), \quad (1 \text{ балл})$$

Во втором случае на амперметре и резисторе напряжение равно $U - U_2$. Ток через резистор $\frac{U - U_2}{R}$ (1 балл), ток через вольтметр $\frac{U - U_2}{R} + I_2$ или $\frac{U_2}{R_V}$.

$$\frac{U - U_2}{R} + I_2 = \frac{U_2}{R_V} \quad (1 \text{ балл})$$

$$\frac{U}{R} = U_2 \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R} \right) - I_2 = I_1 \frac{U_2}{U_1} - I_2,$$

$$R = \frac{U}{I_1 \frac{U_2}{U_1} - I_2} = \frac{I_1 U_2 - I_2 U_1}{I_1 - I_2} \cdot \frac{U_1}{I_1 U_2 - I_2 U_1} = \frac{U_1}{I_1 - I_2} = 2 \text{ Ом} \quad (2 \text{ балла})$$

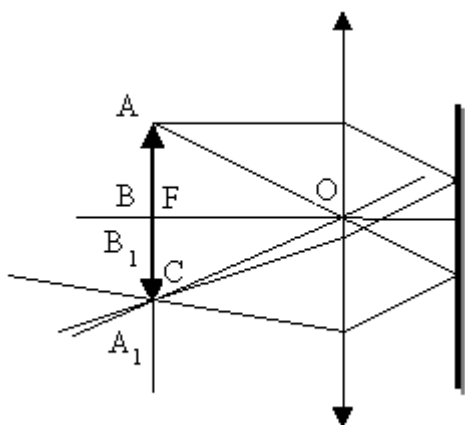
$$\frac{1}{R_V} = \frac{I_1}{U_1} - \frac{1}{R} = \frac{I_1}{U_1} - \frac{I_1 - I_2}{U_1} = \frac{I_2}{U_1},$$

$$R_V = \frac{U_1}{I_2} = 2 \text{ Ом} \quad (2 \text{ балла})$$

4. В фокусе собирающей линзы расположен предмет высотой H . По другую сторону линзы, перпендикулярно главной оптической оси расположено плоское зеркало. Где находится изображение предмета и каков его размер?

Возможное решение

Выберем из пучка лучей, падающих на линзу от точки A предмета два луча: один проходящий через оптический центр и параллельный главной оптической оси. Точка A расположена в фокальной плоскости линзы, поэтому лучи после преломления пойдут параллельным пучком. После преломления, падая на плоское зеркало этот пучок отразится от него под тем же углом, под каким он падал на зеркало и пойдет на линзу.



Чтобы проследить ход пучка после вторичного преломления в линзе, проведем побочную ось, параллельную отраженным лучам, и найдем ее пересечение с фокальной плоскостью t . C . Преломившись в линзе, лучи должны пройти через точку C и дать в ней действительное изображение точки A . Как видно из рисунка, в прямоугольных треугольниках AOB и A_1OB_1 сторона AB общая и $\angle AOB = \angle A_1OB_1$, поэтому эти треугольники равны и, стало быть величина изображения равна величине предмета. Изображение получилось действительным, обратным, равным предмету. И

находится оно в той же фокальной плоскости, что и предмет. Этот результат не зависит от положения зеркала, главное, чтобы оно стояло перпендикулярно главной оптической оси.

Критерии оценивания

- За правильное построение изображения без пояснений (5 баллов)
- За пояснения при построении (+ 2 балла)
- Определение размера изображения (+1 балл)
- За вывод о независимости результата от положения зеркала (+2 балла)

5. В сосуде с ртутью плавает стальной шарик. Как изменится объем части шарика, погруженный в ртуть, если поверх ртути налить слой воды, полностью закрывающий шарик? Плотности ртути, стали и воды считать известными.

Возможное решение.

Пусть объем стального шарика равен V , а объем его части, погруженной в ртуть, равен V_0 до наливания воды и V_1 после того, как вода полностью покроеет шарик. Из условия плавания шарика:

$$\rho_{ст} V = \rho_{рт} V_0, \quad (+2 \text{ балла})$$

Где $\rho_{ст}$ и $\rho_{рт}$ - плотности стали и ртути. Поскольку давление воды передается через ртуть на нижнюю часть шарика, выталкивающая сила, действующая на него со стороны воды, равна $\rho_в(V - V_1)g$, где $\rho_в$ - плотность воды, а выталкивающая сила со стороны ртути - $\rho_{рт} V_1 g$. Условие плавания шарика теперь имеет вид:

$$\rho_{ст} V = \rho_{рт} V_1 + \rho_в(V - V_1) \quad (+2 \text{ балла})$$

Откуда

$$V_1 = \frac{\rho_{ст} - \rho_в}{\rho_{рт} - \rho_в} V. \quad (+2 \text{ балла})$$

Таким образом, отношение объемов погруженной в ртуть части шарика в первом и во

втором случаях равно:
$$\frac{V_0}{V} = \frac{\rho_{ст} \rho_{рт} - \rho_в}{\rho_{рт} \rho_{ст} - \rho_в} = \frac{1 - \rho_в / \rho_{рт}}{1 - \rho_в / \rho_{ст}} \quad (+2 \text{ балла})$$

Поскольку $\rho_{рт} > \rho_{ст}$, то $V_0 > V_1$, т.е. объем погруженной в ртуть части шарика при налипании воды уменьшится. (+2 балла)

Решение каждой задачи оценивается целым числом баллов от 0 до 10.

Если задача решена не полностью, а её решение не подпадает под авторскую систему оценивания, то жюри вправе предложить свою версию системы оценивания.

Альтернативные способы решения задач, не учтенные составителями задач в рекомендациях, при условии их правильности и корректности оцениваются в полной мере.

Ниже представлена общая схема оценивания решений.

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
8	Верное решение. Имеются небольшие недочеты, в целом не влияющие на решение.
5-6	Решение в целом верное, однако, содержит существенные ошибки (не физические, а математические).
5	Найдено решение одного из двух возможных случаев.
2-3	Есть понимание физики явления, но не найдено одно из необходимых для решения уравнений, в результате полученная система уравнений не полна и невозможно найти решение.

0-1	Есть отдельные уравнения, относящиеся к сути задачи при отсутствии решения (или при ошибочном решении).
0	Решение неверное, или отсутствует.