

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)
возрастная группа (9 класс)

ЗАДАНИЕ 1.

В сосуде цилиндрической формы имеется зеркальное дно. Над дном сосуда на расстоянии 50 см по вертикали поместили точечный источник света, а в сосуд налили воду до отметки 20 см. Где будет находиться изображение источника света, даваемое зеркальным дном сосуда? Показатель преломления воды равен $4/3$.

Решение.

Чтобы построить изображение источника света S , необходимо выбрать два луча.

Первый луч целесообразно направить вертикально вниз. Тогда на границе раздела воздух-вода (точка A) он преломляться не будет, а продолжит свой путь вертикально вниз. Дойдя до зеркала (точка O), он отразится и пойдет вертикально вверх.

Второй луч можно направить вниз под углом α к вертикали. Дойдя до границы раздела воздух-вода (точка B), он преломится и продолжит свой путь вниз, но уже под углом β к вертикали. Дойдя до зеркала, он отразится и пойдет вверх под углом β к вертикали.

Получилось два расходящихся луча. Следовательно, необходимо построить их обратные продолжения. Обратное продолжение отраженного первого луча направлено вертикально вниз. Обратное продолжение отраженного второго луча направлено вниз под углом β к вертикали. Они пересекутся на вертикальной линии $S - A - O - A^*$ (зеркальное изображение точки A) - S^* (искомое изображение источника света S).

Рассмотрим прямоугольник ABV^*A^* (V^* - зеркальное изображение точки B), в котором $AB = V^*A^*$. Для малых углов (менее 5°) синусы углов можно заменить значениями этих углов, выраженных в радианах. Это позволит нам рассматривать углы α и β , как центральные углы двух окружностей. Угол α опирается на дугу AB . Угол β опирается на дугу V^*A^* . Эти дуги равны друг другу, следовательно, отношение радиусов указанных окружностей, равно отношению углов, т.е. показателю преломления воды ($n = 4/3$). Тогда расстояние A^*S^* равно $4/3$ расстояния AS . В результате,

расстояние от дна сосуда до мнимого изображения S^* источника света S равно 60 см (20см+40см).

Критерии оценивания

Построен ход лучей и положение изображения источника	5 баллов
Из геометрических соображений найдено соотношение: расстояние A^*S^* равно $\frac{4}{3}$ расстояния AS , и получено расстояние до изображения источника	5 баллов
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 2.

Ученик, выполняя лабораторную работу, собрал электрическую цепь. Она состояла из источника тока, внутренним сопротивлением которого можно пренебречь, двух резисторов по 60 Ом, соединенных последовательно, и выключателя. Соединив вольтметр параллельно с первым резистором, ученик выполнил первое прямое измерение: $U(1)=4,8$ В. Соединив вольтметр параллельно со вторым резистором, ученик выполнил второе прямое измерение: $U(2)=4,8$ В. Соединив вольтметр параллельно двум резисторам, ученик выполнил третье прямое измерение: $U(\text{общ.})=12$ В. Сравнивая сумму результатов первых двух измерений (9,6 В) с результатом третьего измерения, ученик обнаружил, что «потерялось» 2,4 В! Найти, где же «спрятались потерянные вольты», выполнив для этого серию косвенных измерений.

Решение.

Цепь состоит из двух участков, соединенных последовательно. Перед тем, как ученик соединил вольтметр параллельно с первым резистором, сопротивления участков были равны друг другу (по 60 Ом). После присоединения вольтметра к первому резистору, сопротивление первого участка могло уменьшиться.

Косвенные измерения:

- 1) вычислить (косвенно измерить) напряжение на втором резисторе, когда к первому резистору был присоединен вольтметр (7,2 В);
- 2) вычислить силу тока, протекающего через второй резистор (0,1 А);
- 3) вычислить полное сопротивление цепи до подключения вольтметра (120 Ом);

4) вычислить полное сопротивление цепи после подключения вольтметра к первому резистору (100 Ом);

5) вычислить сопротивление первого участка цепи после подключения вольтметра к первому резистору (40 Ом);

6) вычислить сопротивление вольтметра (120 Ом).

По результатам трех прямых и шести косвенных измерений можно сделать следующие выводы:

1) если сопротивление измерительного прибора (вольтметра) сопоставимо с сопротивлениями резисторов, то при подключении измерительного прибора в цепь произойдут изменения ее параметров;

2) изменится полное сопротивление цепи и, как следствие, сила тока в цепи;

3) изменится сопротивление тех участков цепи, к которым будет присоединен измерительный прибор (вольтметр);

4) произойдет перераспределение напряжений между участками цепи (где сопротивление больше, там и падение напряжения будет больше);

5) «вольты не потерялись», они после присоединения вольтметра к первому резистору «убежали» на второй резистор, а после присоединения вольтметра ко второму резистору «убежали» на первый резистор;

6) при первом прямом измерении 1,2 В «убежали» с первого резистора и «прибежали» на второй, а при втором прямом измерении, те же самые 1,2 В «убежали» со второго резистора и «прибежали» на первый. В результате, «потеря» составила 2,4 В.

Критерии оценивания

Определено напряжение на втором резисторе, когда к первому резистору был присоединен вольтметр и определена сила тока через второй резистор	3 балла
Определено полное сопротивление цепи до и после подключения вольтметра	2 балла
Определено сопротивление первого участка цепи после подключения вольтметра к первому резистору и сопротивление вольтметра	3 балл
Описано перераспределение напряжения при подключении вольтметра. Сделан вывод.	2 балл
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 3.

Два тела брошены вертикально вверх с одинаковыми начальными скоростями v_0 с интервалом времени в τ сек. С какой скоростью будет двигаться второе тело относительно первого? Указать величину и направление скорости этого относительного движения. По какому закону будет меняться расстояние между телами.

Решение.

Тело отсчета – место старта. Ось координат вертикально вверх. Начальный момент времени – момент старта первого тела.

Скорость первого тела относительно земли: $v_1 = v_0 - gt$.

Скорость второго тела относительно земли: $v_2 = v_0 - g(t-\tau)$. Этой формулой нельзя пользоваться при $t < \tau$.

Искомая скорость движения второго тела относительно первого:

$$v = -g\tau.$$

Знак «минус» указывает на то, что относительная скорость v и ускорение свободного падения g направлены в противоположные стороны. Поэтому скорость v направлена вверх как во время подъема, так и во время падения обоих тел.

Во время подъема расстояние между телами равномерно уменьшается.

$$x_1 = 0 + v_0t - gt^2/2; \quad x_2 = v_0(t-\tau) - g(t-\tau)^2/2;$$

тогда $x_1 - x_2 = (v_0\tau + g\tau^2/2) - g\tau t$, этой формулой нельзя пользоваться при $t < \tau$. При $t = \tau$ получаем расстояние между телами в момент старта второго тела. Это расстояние будет уменьшаться с постоянной скоростью $g\tau$.

Найдем момент времени t , когда расстояние между телами станет равно нулю. $x_1 - x_2 = 0$, тогда $t = v_0/g + \tau/2$. В этот момент времени скорость первого тела равна $-g\tau/2$. Следовательно, первое тело уже движется вниз. Скорость второго тела равна $g\tau/2$. Следовательно, второе тело все еще движется вверх. С этого момента времени расстояние между телами будет увеличиваться с постоянной скоростью $g\tau$.

Критерии оценивания

Определены скорости первого и второго тела относительно земли	2 балла
Определены зависимости координат от времени первого и второго тела	2 балла
Определен момент времени t , когда расстояние между телами станет равно нулю	2 балла

Определена искомая скорость	2 балла
Определен закон относительного движения	2 балл
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 4.

В учебнике физики написано, что «подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза». Во-первых, доказать, при выполнении каких условий это утверждение будет верным. Во-вторых, сформулировать и доказать, при выполнении каких условий это утверждение будет ошибочным (силой трения пренебречь). В-третьих, сформулировать и доказать при каком условии выигрыша в силе совсем не будет. В-четвертых, сформулировать и доказать при каком условии вместо выигрыша в силе, будет проигрыш.

Решение.

Утверждение о том, что «подвижный блок дает выигрыш в силе в два раза» справедливо только в том случае, когда оба троса, которые удерживают подвижный блок, параллельны друг другу (оба направлены вертикаль вверх). В результате, вес тела (сила действует на блок и направлена вертикально вниз) будет равен сумме одинаковых двух сил, которые так же действуют на блок, но направлены вертикально вверх.

Когда тросы, которые удерживают блок, направлены под углом α друг к другу, то если α меньше 120° выигрыш в силе будет, но меньше, чем в два раза. Доказательством этого может служить сравнение геометрической суммы двух сил натяжения тросов с весом тела.

Когда тросы, которые удерживают блок, направлены под углом $\alpha = 120^\circ$ друг к другу, то никакого выигрыша в силе не будет. Сила натяжения каждого троса будет равна весу груза. Модуль геометрической суммы двух векторов в данном случае будет равен модулю каждого из них.

Когда тросы, которые удерживают блок, направлены под углом $\alpha > 120^\circ$, то вместо выигрыша в силе, будет проигрыш в силе. Причем, чем ближе угол к 180° , тем больше будет проигрыш в силе. Сила натяжения каждого троса будет существенно больше веса тела. Модуль геометрической суммы двух векторов в данном случае будет существенно меньше модуля каждого из них.

Критерии оценивания

Доказано первое утверждение	3 балла
-----------------------------	---------

Доказано второе утверждение	3 балла
Доказано третье утверждение	2 балла
Доказано четвертое утверждение	2 балла
Всего	10 баллов

ЗАДАНИЕ 5.

Расстояние от карьера до строительной площадки равно 20 км. Щебень из карьера отправляют на грузовиках каждые 10 минут. Средняя скорость машин со щебнем 40 км/час. Обрато в карьер машины возвращаются по той же дороге со средней скоростью 60 км/час. Сколько машин со щебнем встретит водитель «порожней» машины, когда будет возвращаться со строительной площадки в карьер. Решить задачу графически, построив графики зависимости координат машин от времени.

Решение.

Построим графики координат машин со щебнем в зависимости от времени (не менее чем для семи машин, выезжающих из карьера на стройплощадку).

Для первой машины построим графики, соответствующие ее движению со стройплощадки в карьер. Первый график для случая, когда «порожняя» машина отправилась в карьер до прибытия на стройплощадку второй машины. Второй график для случая, когда «порожняя» машина отправилась в карьер в момент времени, когда вторая машина прибывает на строительную площадку. Третий график для случая, когда первая машина отправляется со стройплощадки в карьер, после прибытия на стройплощадку второй машины. Очевидно, что первая машина встретит вторую машину «в пути», только в первом случае. Во втором и третьем случае встреча произойдет уже на строительной площадке, а не «в пути».

В результате, если первая машина начинает движение в карьер до прибытия на строительную площадку второй машины, то «в пути» она встретит вторую, третью, четвертую, пятую и шестую груженые машины (пять машин).

Если первая машина начинает движение в карьер в момент прибытия на строительную площадку второй машины, то «в пути» она встретит третью, четвертую, пятую и шестую груженые машины (четыре машины). С седьмой машиной первая машина повстречается в карьере, а не «в пути».

Если первая машина начинает движение в карьере после прибытия на строительную площадку второй машины, то «в пути» она встретит третью, четвертую, пятую, шестую и седьмую груженые машины (опять пять машин).

Получается, что у этой задачи не один, а два ответа.

Критерии оценивания

Построены графики не менее 7 машин со щебнем	3 балла
Построены 3 графика для «порожней» машины	3 балла
Сделаны выводы по графикам	4 балла
Всего	10 баллов