

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ  
(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)  
возрастная группа (10 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  $\alpha$  к вертикали. Дойдя до границы раздела воздух-вода (точка  $B$ ), он преломится и продолжит свой путь вниз, но уже под углом  $\beta$  к вертикали. Дойдя до зеркала, он отразится и пойдет вверх под углом  $\beta$  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  $\beta$  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  $5^\circ$ ) синусы углов можно заменить значениями этих углов, выраженных в радианах. Это позволит нам рассматривать углы  $\alpha$  и  $\beta$ , как центральные углы двух окружностей. Угол  $\alpha$  опирается на дугу  $AB$ . Угол  $\beta$  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 $4/3$ расстояния $AS$ , и получено расстояние до изображения источника	5 баллов
Всего	10 баллов

**ЗАДАНИЕ 2.**

Определите направления индукционных токов в следующем опыте Эмилия Христиановича Ленца. Постоянный магнит расположен вдоль магнитного меридиана. Параллельно магниту, один раз над ним, другой раз под ним, расположен прямолинейный провод. Магнит быстро поворачивают на  $90^0$ , один раз северным полюсом на восток, другой раз – на запад.

**Решение.**

Магнитное поле постоянного магнита – линии индукции магнитного поля выходят из северного полюса постоянного магнита и входят в его южный полюс.

Направление вектора индукции магнитного поля вокруг прямолинейного проводника с током определяется по правилу буравчика (или по правилу обхвата правой рукой).

Когда магнит расположен вдоль магнитного меридиана, линии магнитной индукции его магнитного поля направлены с севера на юг. Если его повернуть на  $90^0$  северным полюсом на восток, то линии магнитной индукции его магнитного поля будут направлены с востока на запад. Ориентация прямолинейного провода не изменяется.

Выберем площадку, проходящую через геометрический центр магнита. Нормаль к площадке ориентирована с востока на запад. Когда магнит ориентирован вдоль магнитного меридиана, угол  $\alpha$  (угол между вектором индукции его магнитного поля и нормалью к выбранной площадке) равен  $90^0$ . В результате, поток равен нулю. Когда магнит повернули северным полюсом на восток, то угол  $\alpha$  стал равен  $0^0$  и, следовательно, поток стал максимальным. Произошло изменение потока вектора магнитной индукции через выбранную площадку. В результате, в проводе, который расположен рядом с магнитом, возникнет индукционный ток. Этот ток создаст свое магнитное поле. Поток этого магнитного поля через выбранную площадку

будет препятствовать изменению потока магнитного поля магнита через ту же площадку. Поток магнитного поля магнита увеличивается от нуля до максимального. Следовательно, векторы индукции магнитного поля индукционного тока должны быть направлены навстречу векторам индукции магнитного поля магнита. Для определения направления индукционного тока в проводнике при повороте магнита северным полюсом на восток целесообразно расположить магнит перпендикулярно плоскости рисунка северным полюсом к наблюдателю. Тогда справа будет «север», слева «юг». Если провод расположен выше магнита, то индукционный ток в нем будет направлен с юга на север. Если провод расположен ниже магнита, то индукционный ток в нем будет направлен с севера на юг. Аналогично, если магнит повернуть северным полюсом на запад, то в верхнем проводе индукционный ток будет направлен с севера на юг, а в нижнем – с юга на север.

***Критерии оценивания***

Определено направление магнитных линий магнита	2 балла
Описано изменение потока магнитного поля магнита	3 балла
Определено направление вектора индукции магнитного поля индукционного тока	3 балла
Определено направление индукционного тока для каждого случая	2 балла
Всего	10 баллов

**ЗАДАНИЕ 3.**

Маленький стальной шарик подвешен на тонкой нерастяжимой нити длиной  $L$ . Нить вместе с шариком отклонили от положения равновесия на  $90^\circ$  и отпустили. Шарик стал двигаться по дуге окружности радиуса  $L$ . Найти координаты точек траектории движения шарика, в которых его ускорение направлено горизонтально.

**Решение.**

Направление ускорения определяется направлением геометрической суммы всех сил, действующих на материальную точку. В данном случае, на стальной шарик действуют две силы: сила тяжести, постоянная по величине и по направлению, и сила натяжения нити, которая постоянно изменяется и по величине, и по направлению. В тех точках траектории движения шарика, в которых вертикальная составляющая силы натяжения нити будет равна силе тяжести, ускорение шарика будет направлено горизонтально. Таких точек

две (справа и слева от положения равновесия). Чтобы найти их координаты необходимо:

- 1) выбрать систему координат (целесообразно использовать полярную систему координат, т.к. нить нерастяжимая);
- 2) использовать закон сохранения энергии, чтобы найти зависимость центростремительного ускорения от угла между нитью подвеса и вертикалью;
- 3) центростремительное ускорение сообщают шарика две силы: сила натяжения нити и составляющая силы тяжести, направленная вдоль нити;
- 4) получить формулу зависимости силы натяжения нити от угла  $\alpha$  (угол между нитью и вертикалью);
- 5) получить выражение для  $\cos\alpha$ , где  $\alpha$  – угол (координата точки траектории движения шарика, в которой его ускорение направлено горизонтально),  $\cos\alpha = \frac{\sqrt{3}}{3}$ .
- 6) Ответ записать либо через арккосинус, либо через угол  $\alpha = 54,5^\circ$ . Координату точки траектории движения шарика можно найти графически.

#### ***Критерии оценивания***

Определено в каких точках траектории ускорение будет горизонтально	2 балла
Определена зависимость центростремительного ускорения от угла между нитью подвеса и вертикалью	2 балла
Определена зависимость силы натяжения нити от угла между нитью подвеса и вертикалью	2 балла
Получено выражение для косинуса угла между нитью подвеса и вертикалью	2 балла
Определить значение координаты (угла между нитью подвеса и вертикалью)	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  $\alpha$  друг к другу, то если  $\alpha$  меньше  $120^\circ$  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  $180^\circ$ , 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.

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:  $U(\text{общ.})=12 \text{ В}$ . 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;

б) 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