

# ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ

(МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП)

возрастная группа (10 класс)

## ЗАДАНИЕ 1.

Маленькому стальному шарикю сообщили начальную скорость  $v_{01} = 35 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , направленную вертикально вверх. Через 6 с координата шарика была 30 м. Второй раз тому же шарикю сообщили начальную скорость  $v_{02} = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ , тоже направленную вертикально вверх. Координаты 30 м он достиг уже через 3 с. Почему имея меньшую начальную скорость, шарик достиг такой же координаты быстрее? Ответ подтвердить четырьмя вариантами расчетов.

### Решение.

- 1) Ответ. В указанные моменты времени шарик двигался уже вниз.
- 2) Первое доказательство. Вычислить момент времени, когда шарик имел координату 30 м. В первом случае  $t_1 = 1 \text{ с}$ ,  $t_2 = 6 \text{ с}$ . Во втором случае  $t_1 = 2 \text{ с}$ ,  $t_2 = 3 \text{ с}$ .
- 3) Второе доказательство. Найти знак скорости шарика в указанные моменты времени. Так как оба значения отрицательные, то, следовательно, шарик в указанные моменты времени двигался вниз.
- 4) Третье доказательство. Найти максимальную высоту подъема шарика в первом и во втором случае, в обоих случаях она больше 30 м.
- 5) Четвертое доказательство. Найти путь пройденный шариком в первом случае за 6с, и во втором случае за 3 с.

### Критерии оценивания

Правильный ответ	2 балла
Первое доказательство	2 балла
Второе доказательство	2 балла
Третье доказательство	2 балла
Четвертое доказательство	2 балла
Всего	10 баллов

## ЗАДАНИЕ 2.

В учебнике физики написано, что период колебаний маятника можно рассчитать по формуле  $T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ . Ученик решил экспериментально проверить, действительно ли период колебаний маятника не зависит от амплитуды колебаний? Он сделал маятник из маленького стального шарика, который на длинной нити прикрепил к штативу. Для измерения времени он использовал механический секундомер, абсолютная погрешность которого равна 0,2 с.

В первую очередь ученик оценил время собственной реакции. Для этого он несколько раз измерил время 5-ти полных колебаний сделанного им маятника и выяснил, что время его собственной реакции равно 0,2 с.

Для измерения периода колебаний ученик решил измерить сначала время 10-полных колебаний маятника при разных амплитудах (прямое измерение времени), и только потом выполнить косвенное измерение периода.

1. Оценить абсолютную погрешность измерения времени как сумму времени собственной реакции и абсолютной погрешности секундомера.
2. Оценить относительную погрешность времени 10-ти колебаний, если при амплитуде колебаний менее  $5^\circ$  оно оказалось равно 20,0 с, а при амплитуде колебаний более  $70^\circ$  оно равно 21,0 с.
3. Найти относительную погрешность измерения периода колебаний.
4. Вычислить периоды колебаний и рассчитать их абсолютную погрешность.
5. Поместить экспериментальные значения периодов колебаний на числовой оси и сделать вывод по результатам эксперимента.

### Решение.

1) Абсолютная погрешность измерения времени десяти полных колебаний  $0,2\text{с} + 0,2\text{с} = 0,4\text{с}$ .

2) Относительная погрешность измерения времени десяти полных колебаний

$$\frac{\Delta t}{t} \approx \frac{0,4}{20} = 0,02 = 2\%.$$

3) Относительная погрешность измерения периода колебаний

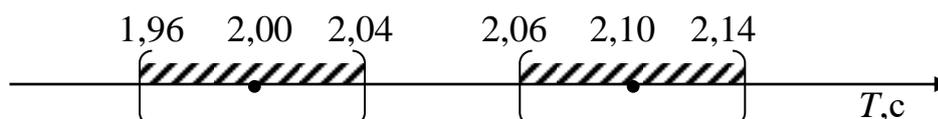
$$\varepsilon = \frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta t}{t} \approx \frac{0,4}{20} = 0,02 = 2\%.$$

4) Периоды колебаний и их абсолютная погрешность

$$T_1 = \frac{20}{10} = 2,00\text{с}, \Delta T_1 = T_1 \varepsilon = 2\text{с} \cdot 0,02 = 0,04\text{с}, T_1 = (2,00 \pm 0,04)\text{с};$$

$$T_2 = \frac{21,0}{10} = 2,10\text{с}; \Delta T_2 = \Delta T_1 = 0,04\text{с}; T_2 = (2,10 \pm 0,04)\text{с}.$$

5)



Интервалы двух периодов колебаний не пересекаются, следовательно, эти периоды действительно отличаются друг от друга ( $T_2 > T_1$ ).

### **Критерии оценивания**

Выполнен пункт 1	2 балла
Выполнен пункт 2	2 балла
Выполнен пункт 3	2 балла
Выполнен пункт 4	2 балла
Выполнен пункт 5	2 балла
Всего	10 баллов

### **ЗАДАНИЕ 3.**

Два маленьких металлических шарика бросили одновременно под углом  $\alpha = 45^\circ$  к горизонту с начальными скоростями  $10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  и  $15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ . Найти как изменялось расстояние между шариками через каждые 0,2 с их движения.

**Замечание.** При необходимости воспользуйтесь миллиметровой бумагой (Приложение 1). **Приложение 1 сдается вместе с решением.**

**Решение.**

Этапы математического эксперимента.

1. Выбирают физические модели, с помощью которых можно было бы описать (исследовать) предложенные реальные физические процессы. В данном случае два маленьких металлических шарика можно рассматривать как две материальные точки, которые движутся с постоянным ускорением ( $g = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ).
2. Выбирают параметры, которые надо будет регистрировать во время эксперимента. В данном случае координаты  $x$  и  $y$  двух материальных точек в конкретные моменты времени.
3. Регистрируют результаты эксперимента (результаты расчетов) в виде таблицы.
4. Обработка результатов (построение графиков).
5. Анализ результатов (анализ графиков) и выводы.

Решение. Начало отсчета координат  $(x, y)$  – место старта. Начало отсчета времени  $t$  – момент старта. Тогда

$$\begin{cases} x = v_{0Г}t, \\ y = v_{0В}t - \frac{gt^2}{2}. \end{cases}$$

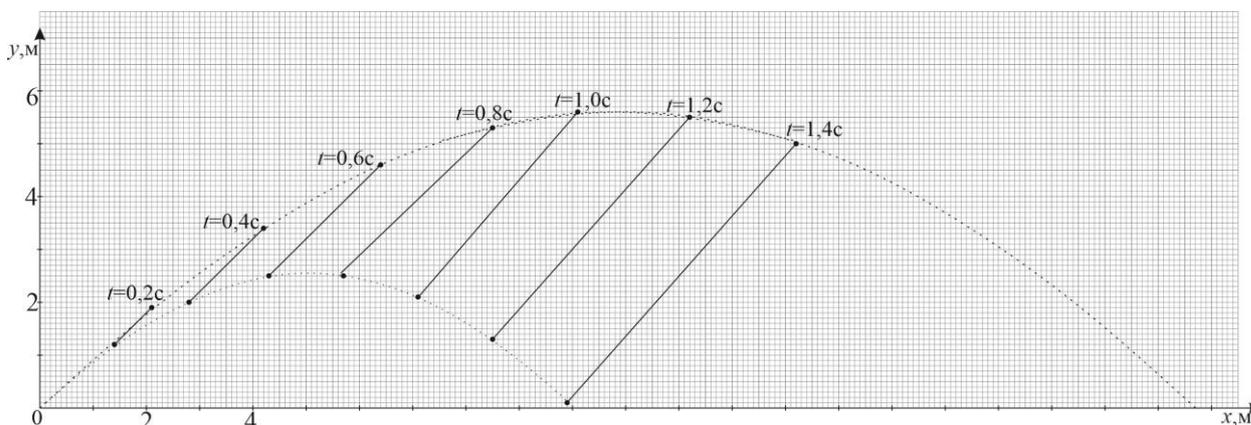
Вычислить координаты  $(x_1, y_1)$  и  $(x_2, y_2)$  для моментов времени  $N \cdot 0,2$  с, ( $N = 1, 2, 3, \dots$ ). Очевидно, что расстояния надо вычислять только до того момента времени когда первый шарик упадет на землю ( $y_1 = 0$ ).

$t, \text{с}$	$x_1, \text{м}$	$y_1, \text{м}$	$x_2, \text{м}$	$y_2, \text{м}$
0	0	0	0	0
0.2	1.4	1.2	2.1	1.9
0.4	2.8	2.0	4.2	3.4
0.6	4.3	2.5	6.4	4.6

0.8	5.7	2.5	8.5	5.3
1.0	7.1	2.1	10.6	5.6
1.2	8.5	1.3	12.7	5.5
1.4	9.9	0.1	14.8	5.0

Построить графики движения в общей системе координат. Расстояния между шариками можно измерить на графике с помощью масштабной линейки или рассчитать по формуле

$$s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}.$$



Ответ

<b>t, с</b>	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
<b>s, м</b>	1	2	3	4	5	6	7

### Критерии оценивания

Записаны уравнения движения для тела брошенного под углом к горизонту	2 балла
Рассчитаны координаты шариков в моменты времени $N \cdot 0,2$ с	3 балла
Графически или аналитически определены расстояния между шариками в соответствующие моменты времени	5 баллов
Всего	10 баллов

### ЗАДАНИЕ 4.

На дно мензурки, высота которой больше 40 см, ученик положил монетку. Глядя сверху вниз, ученик убедился, что монетка лежит на дне мензурки. После этого он налил в мензурку воды до высоты 40 см и опять посмотрел в мензурку сверху вниз. Где ученик теперь увидел монетку (на дне

мензурки или в другом месте)? Какое он увидел изображение монетки (действительное или мнимое, увеличенное или уменьшенное)? На какой высоте от дна мензурки находится изображение монетки? Показатель преломления равен  $4/3$ .

### **Решение.**

Построение изображения монетки, которая лежит на дне заполненной водой мензурки, можно начать с геометрического центра монетки (центр окружности, если смотреть сверху вниз или центр отрезка, который соединяет две противоположные точки этой окружности, если смотреть на мензурку в горизонтальном направлении). Обозначим эту точку  $O$ .

Для построения изображения точки  $O$ , выберем два луча, выходящие из этой точки. Первый луч направим вертикально вверх. Дойдя до границы раздела «вода – воздух», он преломляться не будет, т.е. сохранит свое направление. Второй луч направим под малым углом к вертикали. Дойдя до границы раздела «вода – воздух», он поменяет свое направление (преломится). После пересечения границы раздела «вода – воздух», лучи 1 и 2 останутся расходящимися. Следовательно, действительного изображения точки  $O$  не будет. Поэтому необходимо построить обратные продолжения лучей 1 и 2. Обратные продолжения лучей 1 и 2 пересекутся в точке  $O'$ , которая является мнимым изображением точки  $O$ .

Мнимое изображение геометрического центра монетки находится выше, чем сам геометрический центр. Следовательно, ученик увидит монетку не там, где она находится на самом деле, а немного ближе (монетка «всплыла» и оказалась выше дна мензурки). Ученик увидел мнимое изображение монетки, т.к. для его построения пришлось строить обратные продолжения выбранных лучей.

Для ответа на два последних вопроса, необходимо выполнить построение изображения точки  $A$ , которая находится на ободке монетки. Луч 3, выходящий из точки  $A$ , направим вертикально вверх. Дойдя до границы раздела «вода – воздух», он преломляться не будет, т.е. сохранит свое

направление. Луч 4 направим из точки А в точку пересечения луча 1 с границей раздела «вода – воздух». Дойдя до границы раздела «вода – воздух», он поменяет свое направление (преломится). Построим обратные продолжения лучей 3 и 4. Точка их пересечения и будет мнимым изображением А' точки А. Расстояние между точками О и А фиксирует размер самой монетки, а расстояние между изображениями этих точек, фиксирует размер изображения монетки. Размер изображения монетки равен ее размеру.

Обозначим угол между вертикалью и лучом 4  $\beta$ , а угол между вертикалью и обратным продолжением луча 4 –  $\alpha$ . При малых значениях углов  $\alpha$  и  $\beta$ , их синусы можно заменить значениями самих углов, выраженных в радианах. Тогда показатель преломления  $n = \alpha/\beta$ .

Рассмотрим оба угла из точки пересечения луча 1 с границей раздела «вода – воздух». Тогда угол  $\beta$  опирается на радиус монетки ОА. Угол  $\alpha$  опирается на изображение радиуса монетки О'А'. При малых углах  $\alpha$  и  $\beta$  эти два отрезка можно заменить соответствующими дугами. Пусть Н - это высота, на которой находится граница раздела «вода – воздух», а h – высота, на которой находится изображение монетки. Тогда центральный угол  $\beta$  опирается на дугу окружности радиуса Н, а центральный угол  $\alpha$  – на дугу окружности радиуса Н-h.

Получаем  $\alpha/\beta = Н/(Н-h) = 4/3$ . В результате  $h = Н/4$ .

Изображение монетки находится на высоте 10 см над дном мензурки.

### ***Критерии оценивания***

Построено изображение монетки	4 балла
Определено, что ученик увидел монетку (выше дна сосуда)	1 балла
Определено, что изображение монетки мнимое	1 балла
Определено, что размеры монетки и изображения равны	1 балла
Определено на какой высоте от дна мензурки находится изображение	3 балла
Всего	10 баллов

## **ЗАДАНИЕ 5.**

От чего и как зависит направление индукционного тока? Для того, чтобы ответить на этот вопрос, Эмилий Христианович Ленц провел множество экспериментов. Один из таких экспериментов заключался в следующем:

1. Он располагал постоянный магнит, ориентируя его параллельно меридиану (северным полюсом магнита на Северный полюс Земли).

2. Сверху, параллельно магниту он располагал прямолинейный провод. Для регистрации направления индукционного тока в проводе он соединял этот провод с гальванометром.

3. Каждый раз, при резком повороте магнита северным полюсом либо на восток, либо на запад, в проводнике возникал индукционный ток.

Используя правило Ленца, определить направление этих индукционных токов.

### **Решение.**

Во-первых, необходимо выяснить, где же тот контур, через который надо находить поток магнитного поля индукционного тока. Как ориентирована нормаль к этому контуру?

Поток вектора индукции магнитного поля индукционного тока должен препятствовать изменению основного потока.

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).

Искомый контур необходимо ориентировать таким образом, чтобы магнитное поле индукционного тока могло изменять поток через этот контур. Следовательно, нормаль к этому контуру должна быть ориентирована либо с

запада на восток, либо с востока на запад. Сам контур располагается между магнитом и проводником.

Пока магнит ориентирован вдоль меридиана, поток его магнитного поля через выбранный контур равен нулю. Когда магнит ориентирован северным полюсом либо на восток, либо на запад, поток его магнитного поля максимален, т.к. нормаль к контуру параллельна силовым линиям магнитного поля. Следовательно, основной поток (поток магнитного поля постоянного магнита) увеличивается.

Чтобы препятствовать увеличению потока магнитного поля постоянного магнита, силовые линии магнитного поля индукционного тока должны быть направлены навстречу силовым линиям магнитного поля постоянного магнита.

Если магнит повернули северным концом на восток, то силовые линии его магнитного поля стали направлены с востока на запад. Следовательно, силовые линии магнитного поля индукционного тока должны быть направлены с запада на восток. Получается, что ток в прямолинейном проводнике должен протекать с севера на юг.

Если магнит повернули северным концом на запад, то силовые линии его магнитного поля стали направлены с запада на восток. Следовательно, силовые линии магнитного поля индукционного тока должны быть направлены с востока на запад. Получается, что теперь ток в прямолинейном проводнике должен протекать с юга на север, чтобы поток магнитного поля индукционного тока мог препятствовать изменению потока магнитного поля постоянного магнита.

### ***Критерии оценивания***

Определено расположение контура, нормали к нему	2 балла
Определено в каких случаях поток магнитного поля равен нулю, а в каких максимален. Указано, что поток увеличивается при повороте северным концом на восток (запад)	2 балла
Определено направление силовых линий магнитного поля магнита при повороте северным концом на восток	3 балла

и направление тока в проводнике в этом случае	
Определено направление силовых линий магнитного поля магнита при повороте северным концом на запад и направление тока в проводнике в этом случае	3 балла
Всего	10 баллов

*Приложение 1 (бумага для решения задачи 3)*

