



## Республиканская физическая олимпиада 2022 года (Заключительный этап)

### Экспериментальный тур

#### 9 класс.

1. Полный комплект состоит из двух заданий, на выполнение каждого отводится два с половиной часа. Сдавать работу следует после выполнения обоих заданий. Задания могут быть не равноценными, поэтому ознакомьтесь с условиями обеих задач.

2. Ознакомьтесь с перечнем оборудования – проверьте его наличие и работоспособность. **При отсутствии оборудования или сомнения в его работоспособности немедленно обращайтесь к представителям оргкомитета.**

3. При оформлении работы каждую задачу и каждую ее часть начните с новой страницы.

4. Все графики рекомендуем строить на листе миллиметровой бумаги, выданном для выполнения каждого задания. Обязательно пронумеруйте и подпишите все построенные графики. Листы миллиметровой бумаги вложите в свою тетрадь.

5. Подписывать рабочие страницы и графики запрещается.

6. В ходе работы можете использовать ручки, карандаши, чертежные принадлежности, калькулятор.

7. Со всеми вопросами, связанными с условиями задач (но не с их решениями), обращайтесь к организаторам.



**Желаем успехов в выполнении данных заданий!**

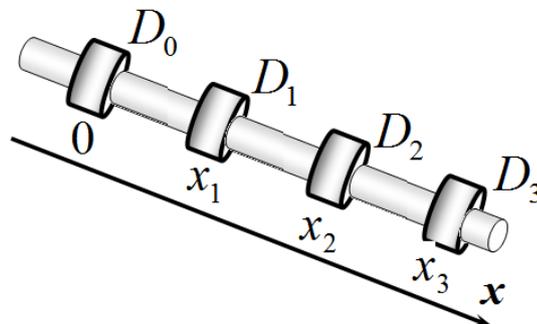
Данный комплект заданий содержит:

- титульный лист (1 стр.);
- условия двух заданий (3 стр.).

### Задание 9-1. Ускоренное движение.

**Приборы и оборудование:** установка для фиксации времен; штатив с лапкой, линейка, два шарика, металлический цилиндр.

В вашем распоряжении имеется установка для точной фиксации времен. На прозрачной трубке закреплены четыре оптических датчика  $D_0, D_1, D_2, D_3$ , подключенные к электронной системе. Когда некоторое тело (у Вас – шарик, или цилиндр) проходит через датчик – с точностью  $10^{-3}$  с фиксируется время прерывания (т.е. время, когда исследуемое тело проходит через датчик). Счетчик времени запускается, когда тело проходит через начальный (нулевой датчик). На экране высвечиваются времена прохождения тела через три оставшихся датчика.



**Внимательно ознакомьтесь с инструкцией по работе с этой установкой!**

**Положение датчиков на трубке не изменяйте!**

Ч помощью штатива с лапкой вы можете закреплять трубку под произвольным углом к горизонту. Измерять эти углы следует с помощью линейки.

**1. Измерьте и запишите координаты всех датчиков.**

Далее вам следует исследовать скатывание металлических шариков по трубке в зависимости от угла наклона к горизонту.

Расположите трубку под углом  $\alpha \approx 45^\circ$  к горизонту.

**2. На основании экспериментальных данных проверьте, можно ли считать движение шарика равноускоренным.**

Приведите теоретические формулы, результаты измерений и обработки, обосновывающие ваш вывод.

Далее считайте, что движение тел в трубке является примерно равноускоренным.

**3.** Предложите формулу, позволяющую по результатам измерений времен прохождения датчиков (и известным координатам датчиков) рассчитывать среднее ускорение тела.  
**4.** Исследуйте зависимость ускорения  $a$  скатывания шарика от угла наклона трубки  $\alpha$ . Предложите такую функцию угла наклона  $z(\alpha)$ , чтобы зависимость  $a(z)$  была линейной. Постройте график этой линейной зависимости, рассчитайте ее параметры.  
**5.** Проведите аналогичные исследования для шарика другого диаметра.  
**6.** Можно ли считать, что эти шарики скатываются одинаково (т.е. их ускорения равны при одинаковых углах наклона)?

Проведите исследования соскальзывания металлического цилиндра по трубке.

7. Исследуйте зависимость ускорения цилиндра  $a$  при его соскальзывании по трубке от угла наклона трубки  $\alpha$ . Постройте график полученной зависимости  $a(\alpha)$ .
8. Используя все полученные экспериментальные данные, рассчитайте коэффициент трения цилиндра по трубке. Опишите метод, который Вы использовали для расчета коэффициента трения.

## Задание 9-2. Закон преломления света.

**Приборы и оборудование:** Лазер с источником питания, экран на подставке, призма треугольная, призма трапециевидная, линейка 40 см, транспортир, кусок пластилина, лист бумаги.

### Небольшая теоретическая подсказка.

Вы изучали преломление света, но не обязаны знать формулу для закона преломления (который называется законом Снелиуса).

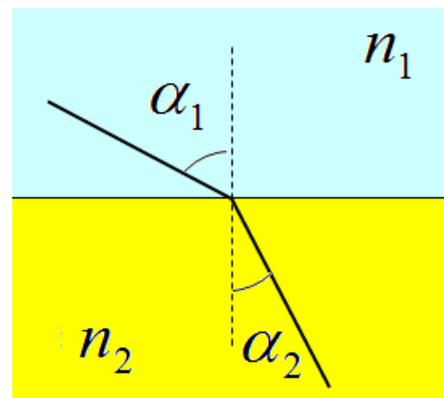
При прохождении луча света через границу двух сред углы падения и преломления связаны простым соотношением

$$n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \quad (1)$$

Здесь  $n_1, n_2$  - показатели преломления сред. Для воздуха  $n \approx 1$ . Углы отсчитываются от нормали к границе раздела. Это соотношение не зависит от того, с какой стороны свет падает на границу. При углах меньших  $30^\circ$

$$\sin \alpha \approx tg \alpha \approx \alpha, \quad \cos \alpha \approx 1 \quad (2)$$

Только не забывайте, что в этих формулах углы должны измеряться в радианах.



### Рекомендации по проведению экспериментов.

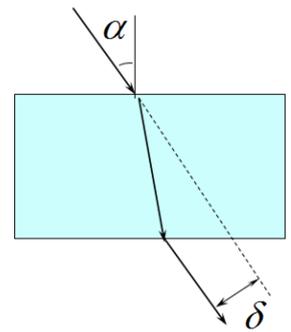
1. Все эксперименты проводите на листе бумаги, на котором вы можете чертить, рисовать, проводить измерения. Только не забудьте перенести нужные чертежи на свои рабочие листы.
2. Для визуализации хода лучей вы можете использовать экран на подставке, линейку, а также лист бумаги на столе. Для проведения измерений можете использовать линейку, транспортир. При необходимости оптические детали можно закреплять с помощью пластилина
3. Для того, чтобы уменьшить диаметр лазерного луча может использовать небольшой кусочек бумаги с проделанным отверстием. Эту бумажку можно прикрепить к лазеру пластилином.
4. При проведении измерений луч лазера и экран лучше оставлять неподвижными, а перемещать изучаемые объекты.
5. Не забудьте в каждой части работы привести на своих рабочих листах те оптические схемы, которые вы использовали. На схемах обязательно должно быть указано, какие геометрические характеристики вы измеряли (и как).

Наконец задания.

### Часть 1. Прохождение луча света через две параллельные границы.

В этой части используйте трапециевидную призму.

После прохождения луча света через плоскопараллельную пластинку, направление распространения луча не изменяется, происходит его сдвиг.

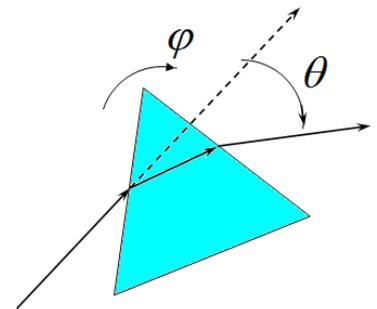


- 1.1 Докажите теоретически и экспериментально высказано утверждение о ходе луча.
- 1.2 Получите теоретическую формулу для зависимости величины сдвига луча  $\delta$  от угла падения  $\alpha$ . Здесь углы можно считать малыми.
- 1.3 Измерьте зависимость величины сдвига луча  $\delta$  от угла падения  $\alpha$ . Постройте график полученной зависимости.
- 1.4 Рассчитайте показатель преломления материала призмы.

### Часть 2. Преломление света в треугольной призме.

После прохождения луча света через треугольную призму, направление его распространения изменяется.

- 2.1 Измерьте зависимость тангенса угла отклонения луча  $\operatorname{tg} \theta$  от угла поворота призмы  $\varphi$ . Постройте график полученной зависимости.
- 2.2 Рассчитайте показатель преломления этой призмы.



Считайте, что при  $\varphi = 0$  луч падает на грань призмы нормально (перпендикулярно).

Не старайтесь получить общую формулу для зависимости  $\theta(\varphi)$  – это очень сложно, постарайтесь найти какой-нибудь простой и особый случай.