

## 9 класс

### Экспериментальный тур

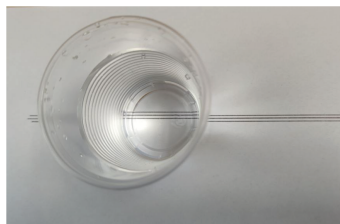
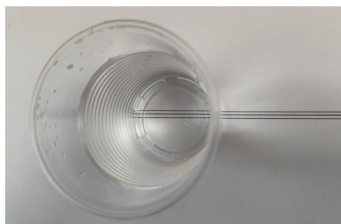
#### Задача №1. Не зная броду, не суйся в воду

**Внимание!** Оценка погрешностей в этой работе не требуется.

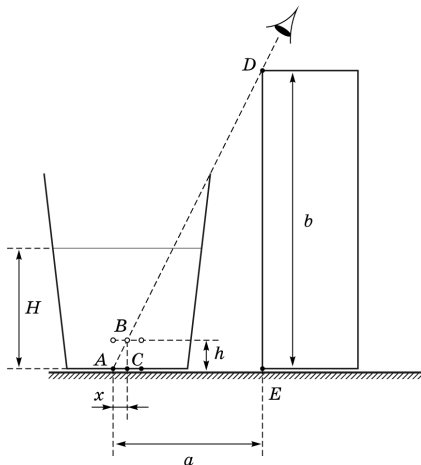
Физический смысл пословицы, стоящей в названии работы, состоит в том, что слой воды, как и любая плоскопараллельная пластина, приближает объект наблюдения к наблюдателю. Величина оптического смещения объекта к наблюдателю  $h$  зависит от толщины плоскопараллельной пластины  $H$  и её оптических характеристик. Для малых углов отклонения лучей от вертикали к поверхности воды зависимость имеет такой вид:

$$h = kH^\alpha,$$

где  $k$  — коэффициент, зависящий от оптических характеристик плоскопараллельной пластины. Для исследования этой зависимости Вы должны на чистом белом листе бумаги нарисовать три параллельные линии на расстоянии  $x = 2$  мм друг от друга. Затем налить в пластиковый стакан слой воды не менее 40 мм и наблюдать сверху эти три линии. При положении Вашего глаза на одной вертикали к поверхности воды с центральной линией Вы увидите линии под водой на продолжении линий, наблюдаемых без воды (см. фото слева).



При небольшом отклонении Вы увидите смещение линий под водой. Вам необходимо найти такое положение, при котором линии смещаются на величину  $x = 2$  мм. При этом две линии под водой являются продолжением двух линий, наблюдаемых без воды (см. фото справа). Для определения величины смещения  $h$  воспользуйтесь подобием треугольников  $ABC$  и  $ADE$  (см. рисунок). Определить положение точек  $E$  и  $D$  вам поможет уголок из картона, вершина  $D$  которого должна попасть на прямую  $AB$ .



1. Проведите измерение величин  $a$  и  $b$  для разных уровней воды  $H$  в стакане.  
2. Используя рисунок, получите расчётную формулу для зависимости  $h$  через  $a$ ,  $b$  и  $x$ .

3. Постройте график зависимости  $h$  от  $H$  и определите степень  $\alpha$  и коэффициент  $k$  для воды.

4. Постройте ход луча из точки  $A$  и, используя закон преломления света, теоретически получите формулу для нахождения величины смещения  $h$  для слоя воды  $H$ . Рассмотрите преломление для малых углов падения. Определите показатель преломления  $n$  воды, используя свой результат для коэффициента  $k$ .

*Примечание:* для малых углов можно считать, что  $\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi$ ; абсолютный показатель преломления воздуха считайте равным 1.

*Оборудование:* сосуд с водой; прозрачный пластиковый стаканчик; линейка; картонный уголок длиной около 30 см; чистый лист бумаги А4; миллиметровая бумага для построения графиков.