

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 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 в радианах 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.

9 класс

Задача №9-Е1. Не зная броду, не суйся в воду

Проводим измерения, результаты представлены в таблице 1. В последнем столбце указано значение h , расчет которого проведён по формуле, полученной в пункте 2.

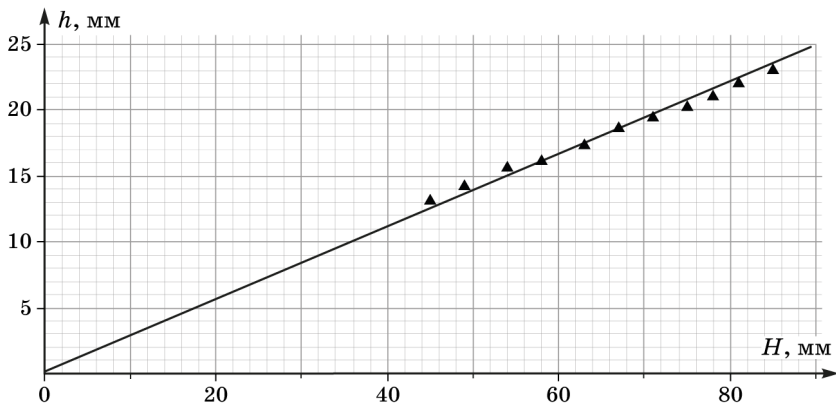
№ П/П	H , мм	a , мм	b , мм	x , мм	h , мм
1	45	37	242	2	13,1
2	49	34	242	2	14,2
3	54	31	242	2	15,6
4	58	30	242	2	16,1
5	63	28	242	2	17,3
6	67	26	242	2	18,6
7	71	25	242	2	19,4
8	75	24	242	2	20,2
9	78	23	242	2	21,0
10	81	22	242	2	22,0
11	85	21	242	2	23,0

Получим расчётную формулу для h . Из подобия треугольников ABC и ADE :

$$\frac{h}{x} = \frac{b}{a}; h = \frac{b \cdot x}{a}.$$

В таблицу 1 добавлен столбец, в котором содержатся результаты расчёта h .

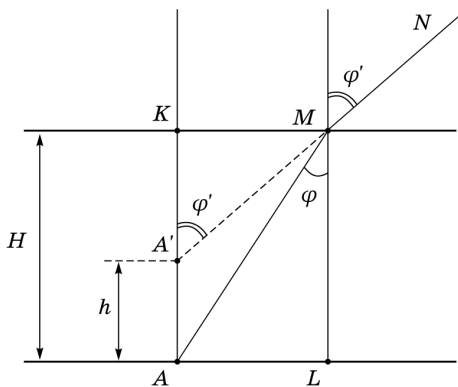
Строим график зависимости $h(H)$:



Так как точки хорошо ложатся на прямую, проходящую через начало координат, делаем вывод о линейной зависимости h от H . Проводим прямую через начало координат и определяем угловой коэффициент:

$$k \approx 0,28.$$

Рассмотрим плоскопараллельную пластину (слой воды) толщиной H и показателем преломления n . Построим ход двух лучей, идущих от точки A , расположенной на нижней поверхности пластины (дне водного слоя). Луч AK падает на верхнюю поверхность перпендикулярно, поэтому выходит без преломления. Угол падения луча AM равен φ , он выходит из пластины (слоя) под углом φ' к перпендикуляру LM к верхней поверхности. Лучи AK и MN попадают наблюдателю «в глаз», и он видит изображение точки A в точке A' (то есть точка A как бы приподнимается с точки зрения наблюдателя).



По закону преломления

$$n \cdot \sin \varphi = 1 \cdot \sin \varphi'.$$

Абсолютный показатель преломления воздуха равен 1, показатель преломления

воды равен n . Рассмотрим треугольник ALM

$$AL = LM \cdot \operatorname{tg} \varphi = H \cdot \operatorname{tg} \varphi.$$

Запишем соотношение между катетами треугольника $A'KM$

$$KM = KA' \cdot \operatorname{tg} \varphi'.$$

Кроме того, $KM = AL$. Так как угол падения φ и угол преломления φ' малы, то

$$\operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi \approx \varphi; \operatorname{tg} \varphi' \approx \sin \varphi' \approx \varphi'.$$

Тогда

$$H \cdot \operatorname{tg} \varphi = KA' \cdot \operatorname{tg} \varphi'; H \cdot \sin \varphi = KA' \cdot n \cdot \sin \varphi; H \cdot \varphi = KA' \cdot n \cdot \varphi;$$

Так как

$$KA' = KA - AA' = H - h,$$

то для h получим

$$h = \frac{n-1}{n} \cdot H.$$

Таким образом коэффициент преломления n связан с найденным коэффициентом k соотношением

$$k = \frac{n-1}{n}.$$

Выразим показатель преломления n

$$n = \frac{1}{1-k}$$

. Подставим значения, найдем показатель преломления воды в нашей работе

$$n = \frac{1}{1-0,28} = 1,39.$$