

Олимпиада "Физтех". 2024 год, профиль «научно-технический»

9 класс. Решение экспериментального тура.

1. Падение ко дну

I. Теория

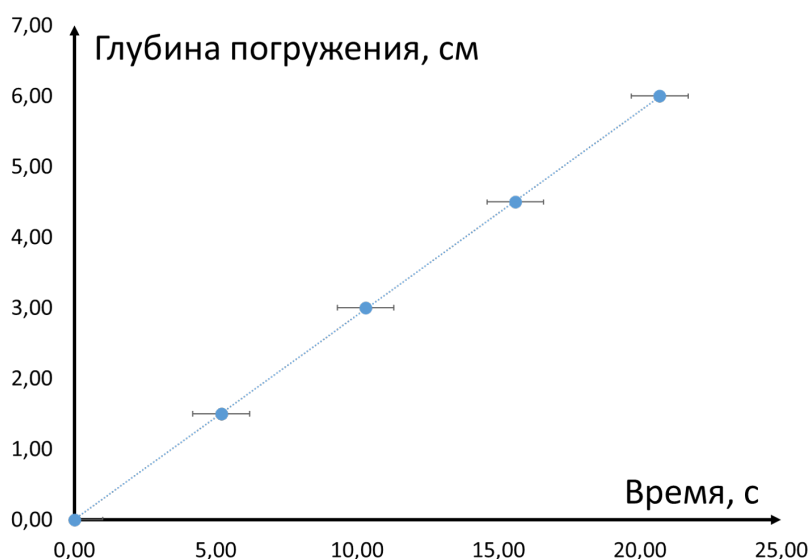
Распишем второй закон Ньютона для установившейся скорости v шарика и выразим скорость через остальные величины:

$$mg - \rho_2 gV = 6\pi\eta rv,$$
$$\frac{4}{3}\pi r^3 g(\rho_1 - \rho_2) = 6\pi\eta rv,$$
$$v = \frac{2}{9\eta} r^2 g(\rho_1 - \rho_2),$$

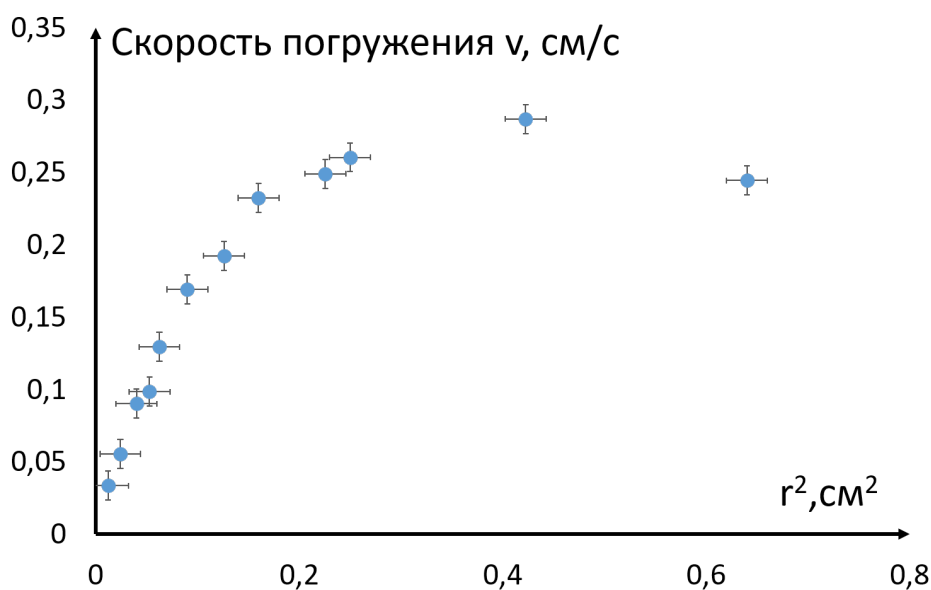
где ρ_1 - плотность шарика, ρ_2 - плотность жидкости.

II. Эксперимент

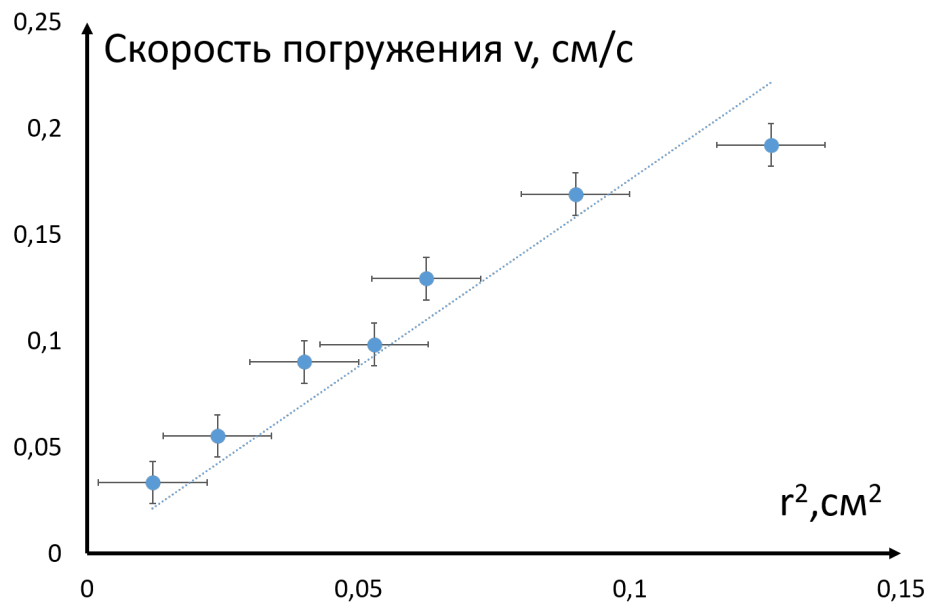
1. Слепим шарик из пластилина, запустим его тонуть, снимем глубину погружения от времени при помощи секундомера и линейки. В рамках погрешности измерения времени достижения риски на мерном цилиндре ($\Delta t \approx 1$ с) график движения можно считать прямой. С угловым коэффициентом $v = 0.29$ см/с.



2. Для того, чтобы измерить плотность исследуемой жидкости, отольем немного в маленький мерный цилиндр на весах (предварительно его затариваем!). При $m = 12.38 \pm 0.01$ г, $V = 12 \pm 1$ мл. Значит $\rho = 970 \pm 10$ кг/м³. Уточнить результаты можно при помощи шприца.
3. Добавив в мерный цилиндр кусочек пластилина измеряем изменение объема в нём, а также изменение показаний весов. $\Delta m = 3.35 \pm 0.01$ г, $\Delta V = 2.5 \pm 0.5$, а $\rho = 1340 \pm 300$ кг/м³
4. Шарики измеряем штанген-циркулем в 3 перпендикулярных измерениях для нахождения средней величины и среднего отклонения, дабы уточнить результаты измерения диаметра. Построив график в приближении линеаризации выведенного в теории уравнения замечаем, что данные не ложатся на прямую. А значит теория Стокса не применима на всем диапазоне радиусов.



5. Однако, если мы хотим определить вязкость, нам нужно найти линейную область. Она находится при малых радиусах шарика относительно радиуса трубки. Находим угловой коэффициент $k = 1.75 \pm 0.05$ 1/(с * см). Зная плотности жидкости и шара находим вязкость (не забывая о размерности коэффициента). $\eta = \frac{2}{9k}g(\rho_1 - \rho_2) = 4.6$ Па/с.



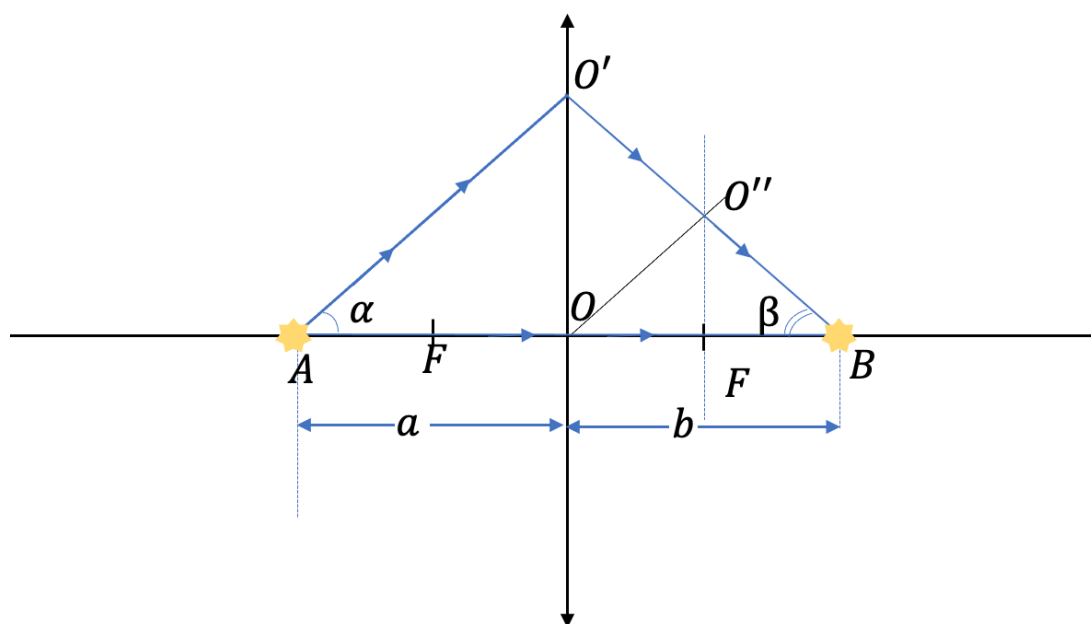
Олимпиада "Физтех". 2024 год, профиль «научно-технический»

9 класс. Решение экспериментального тура.

2. Оптика на дне

I. Теория

1. Построим изображение объекта A в тонкой линзе. Проведем луч AO' . Построим луч OO'' , исходящий из точки O параллельно лучу AO' . Проведем фокальную плоскость. Через точку пересечения фокальной плоскости и луча OO'' и точку O' проведем луч. В точке пересечения данного луча и главной оптической оси находится изображение.



2. Рассмотрим треугольники AOO' и OFO'' . Определим тангенс угла α :

$$\tan \alpha = \frac{OO'}{a} = \frac{FO''}{F} \quad (1)$$

Рассмотрим треугольники BOO' и BFO'' . Определим тангенс угла β :

$$\tan \beta = \frac{OO'}{b} = \frac{FO''}{b - F} \quad (2)$$

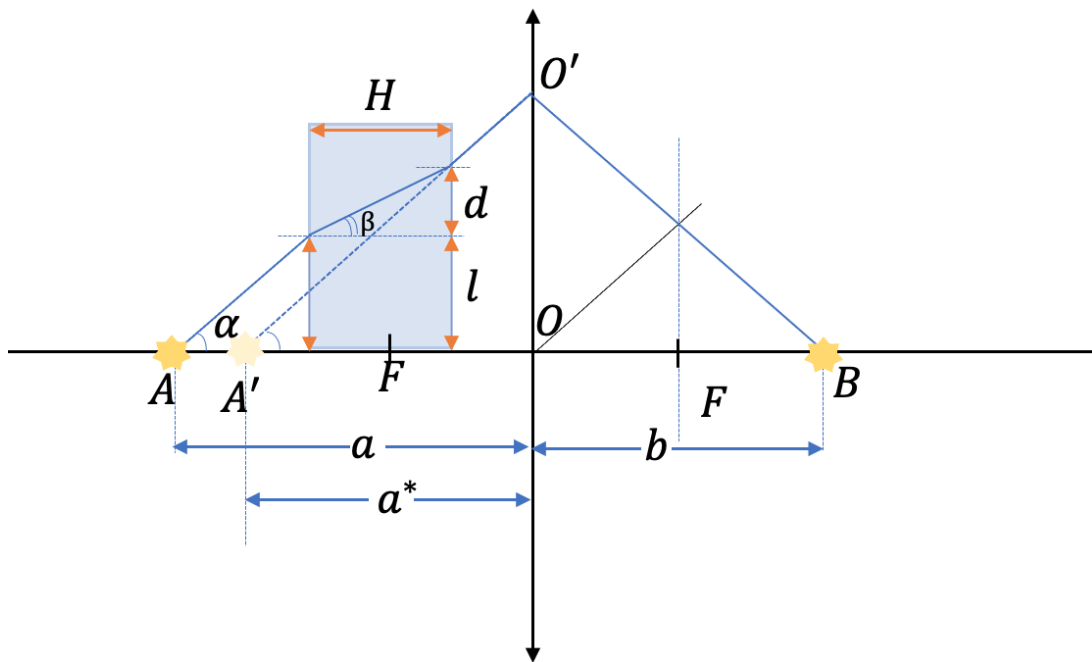
Из формул (1) и (2) выражаем FO'' и получаем:

$$\frac{a}{b} = \frac{F}{b - F} \quad (3)$$

Преобразовывая данное соотношение, получим итоговую формулу:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \quad (4)$$

3. При добавлении слоя с показателем преломления n изменяется ход лучей от источника A как показано на рисунке. Проведем луч $A'O'$, показывающий как бы распространялся свет в отсутствии слоя жидкости при фиксированном положении экрана b .



A' - источник света, для которого выполняется формула тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a^*} + \frac{1}{b} \quad (5)$$

По закону Снеллиуса на границе слоя и воздуха:

$$n \sin \beta = \sin \alpha \rightarrow n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad (6)$$

Из геометрии следует, что:

$$\tan \alpha = \frac{l + d}{H} = \frac{l}{a - a^*} \quad (7)$$

$$\tan \beta = \frac{d}{H} \quad (8)$$

В приближении малых углов

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{\tan \alpha}{\tan \beta}$$

Из формулы (8) и второго равенства в формуле (7) следует:

$$\frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \frac{l}{d} \frac{H}{a - a^*} \quad (9)$$

Выразим из формулы (7) отношение l/d :

$$\frac{l}{d} = \frac{a - a^*}{H + a^* - a} \quad (10)$$

Из (6),(9),(10) получаем:

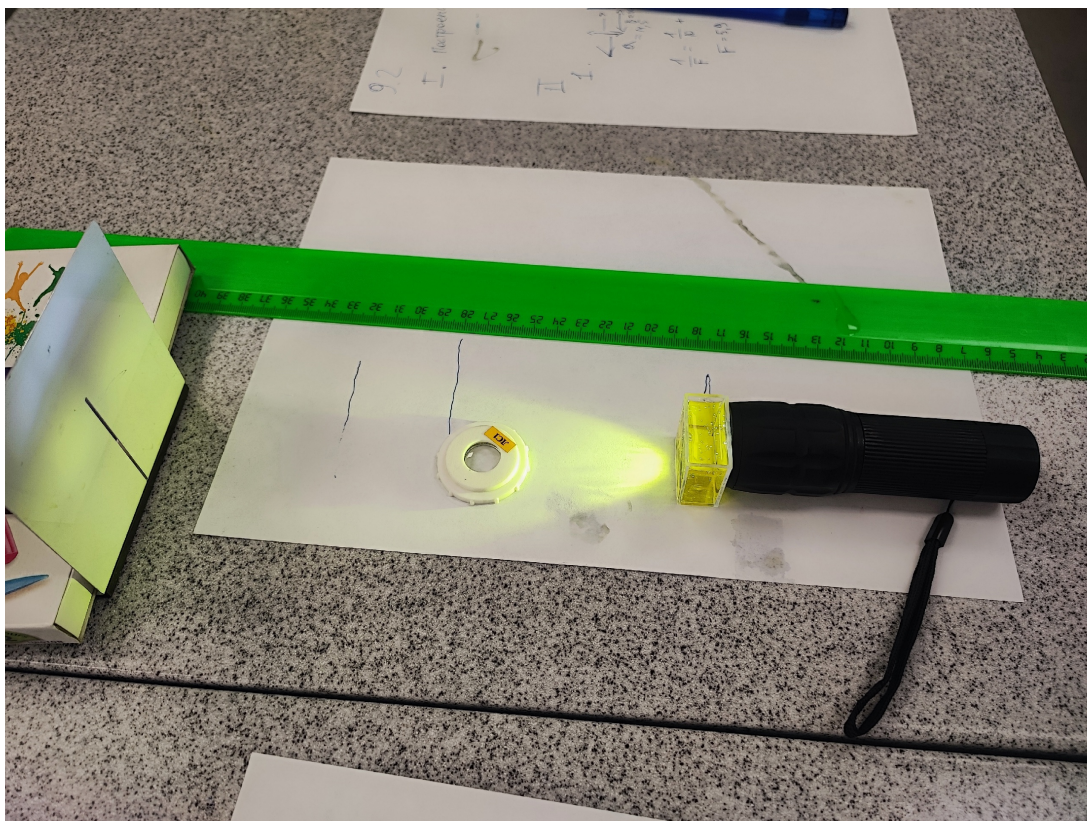
$$n = \frac{H}{H + a^* - a} \quad (11)$$

Используя формулу (5), получаем итоговое выражение для показателя преломления:

$$n = \frac{H}{H + \frac{Fb}{b-F} - a} \quad (12)$$

II. Эксперимент

1. Соберем установку как показано на рисунке. Перемещая экран, получим на нем четкое изображение источника света от фонарика.



Измерим расстояния от экрана и фонарика до линзы. По формуле (4) рассчитаем фокусное расстояние $F = 5.2 \pm 0.1$ см.

2. Поставим кювету вблизи фонарика. Сформируем четное изображение на экране. Измерим расстояния от экрана и фонарика до линзы, а также толщину кюветы. По формуле (12) рассчитаем показатель преломления жидкости в кювете $n = 1.5 \pm 0.1$.