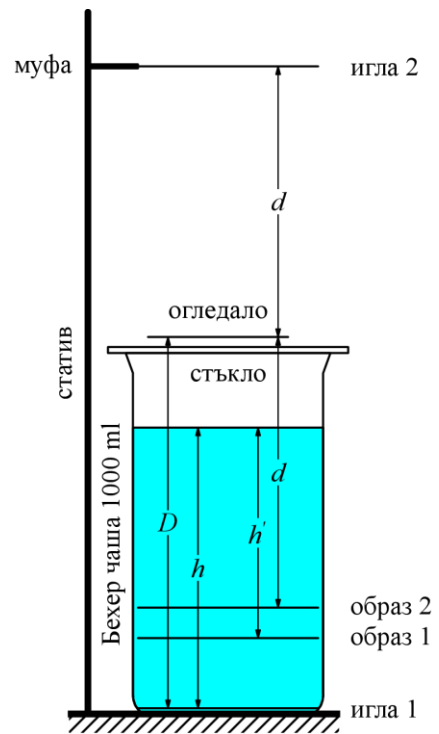


ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ЗАДАЧА 2: ПРИМЕРНО РЕШЕНИЕ

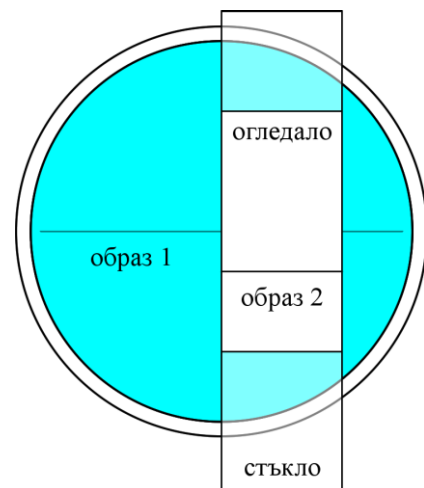
1. Предложете метод за определяне на показателя на пречупване на течността (n_m), който се основава на сравнението на положенията на образите на двете игли. Единият образ е недействителният образ на игла потопена в течността, а другият е образът на втората игла в огледалото. Опишете последователността на провеждане на експеримента. (4 т.)

Описание на метода: от теоретичната част и указанията става ясно, че трябва да определим показателя на пречупване на течността като определим видимата и реалната дълбочина на която се намира предмет потопен в течността. За целта поставяме едната игла на дъното на чашата и пълним чашата с течността. С помощта на линията може да измерим реалната дълбочина, на която се намира иглата. За да измерим видимата дълбочина използваме огледалото и другата игла. Знаем, че разстоянието от образа на иглата до огледалото е равно на разстоянието от иглата до огледалото, а последното също може да бъде измерено пряко с линията. Ако променяме разстоянието между огледалото и втората игла, докато нейният образ съвпадне с образа на първата игла, лесно може да определим видимата дълбочина, на която се намира първата игла (виж Фигура 1). (2 т.)



Фигура 1

Последователност на действията: поставяме игла 1 на дъното на чашата и наливаме от течността; с линията измерваме реалната дълбочина h на която се намира игла 1; използваме стъклото като подложка за огледалото и го поставяме върху чашата (виж Фигура 1 и Фигура 2); забиваме игла 2 във филтъра закрепен на муфата и я поставяме над огледалото; ако е необходимо нагласяме чашата така, че образът на игла 1 в течността, този на игла 2 в огледалото и игла 2 да лежат в една равнина (така сме сигурни, че при всяко измерване наблюдаваме по нормалата към огледалото); започваме да движим муфата, докато видимото отместване на двата образа изчезне при наблюдение под малки ъгли спрямо нормалата към огледалото; когато двата образа съвпадна измерваме разстоянието d от долната повърхност на огледалото до игла 2; пресмятаме $h' = d - (D - h)$, където D е разстоянието от игла 1 до долната повърхност на огледалото; повтаряме измерванията като всеки път доливаме от течността, така променяме дълбочината h , съответно и h' . (2 т.)



Фигура 2

2. Направете схематично представяне (опростен чертеж) на експерименталната установка и означете всички величини, които ще са ви необходими за определяне на n_m в предложения от вас метод. **(1.4 т.)**

Експерименталната установка е представена схематично на Фигура 1 и Фигура 2. **(1 т.)**

При нормално наблюдение, т.е. $\theta = \varphi = 0^\circ$, зависимостта (1) може да се запише като

$$h' = \frac{1}{n_m} h,$$

така величините необходими за определянето на n_m са

h дълбочината на която се намира игла 1; **(0.1 т.)**

D разстоянието от игла 1 до долната повърхност на огледалото; **(0.1 т.)**

d разстоянието от игла 2 до долната повърхност на огледалото; **(0.1 т.)**

$h' = d - (D - h)$ дълбочината, на която се намира образ 1. **(0.1 т.)**

3. Представете зависимостта (1) с подходящи променливи, така че да получите линейна зависимост от вида $y = ax$ ($a = \text{const}$), от която да може да се определи n_m . **(1 т.)**

При $\theta = \varphi = 0^\circ$ получаваме следната линейна зависимост

$$h' = \frac{1}{n_m} h, \text{ (1 т.)}$$

от която може да се определи наклона $\frac{1}{n_m}$, съответно и n_m .

4. Направете необходимите измервания и представете данните таблично (използвайте предоставения лист за таблицата). **(4 т.)**

$D = 17.6 \text{ cm}$, $h' = d - (D - h)$ **(0.75 т.)**

h (cm)	d (cm)	h' (cm)	при отбелязани мерни единици (0.25 т.)
3.1	16.9	2.4	
4.5	16.5	3.4	
6.0	16.0	4.4	
7.5	15.6	5.5	под 5 измервания (1.5 т.)
10.5	15.0	7.9	
12.0	14.5	8.9	
13.5	14.0	9.9	
15.5	13.5	11.4	над 7 измервания (3 т.)

5. Оценете абсолютната грешка на измерените величини в задача 4. **(0.5 т.)**

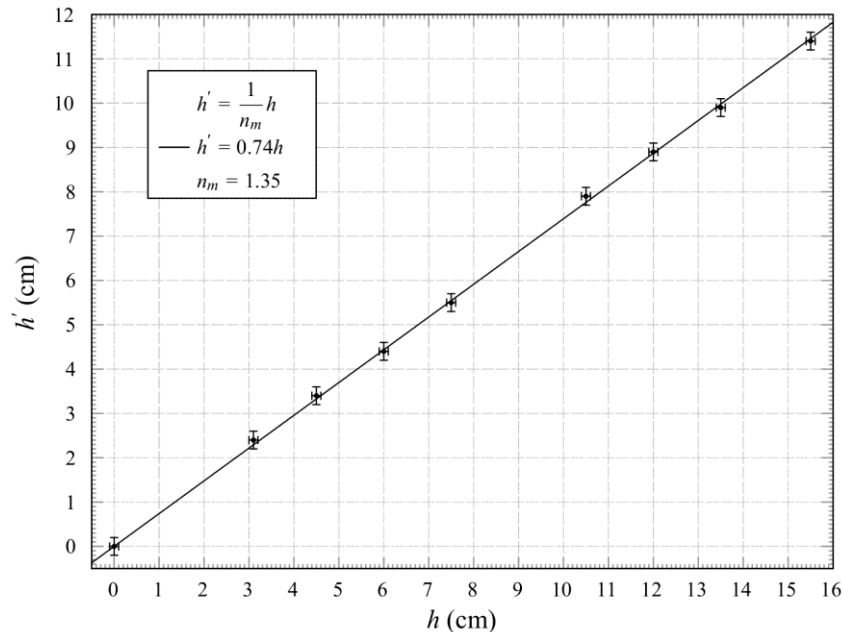
$\Delta D = 0.5 \text{ mm}$; $\Delta h = 0.5 \text{ mm}$; $\Delta d = 0.5 \text{ mm}$; **(0.25 т.)**

$\Delta h' = \Delta d + \Delta D + \Delta h = 1.5 \text{ mm}$. **(0.25 т.)**

6. Използвайте експерименталните данни от задача 4 и представете зависимостта от задача 3 графично. **(4.5 т.)**

Точки за графиката се дават ако

- използвана е цялата площ на листа милиметрова хартия; **(1.5 т.)**
- по осите на графиката са означени съответните величини; **(1 т.)**
- отбелязани са мерните единици на величините; **(0.25 т.)**
- нанесени са всички точки от таблицата в задача 4; **(1.25 т.)**
- зависимостта е от вида $y = ax$ и построената права задължително трябва да минава през точката с координати (0.0,0.0). **(0.5 т.)**



7. Пресметнете n_m , като преди това определите коефициента на линейната зависимост от задача 3 (наклона на правата от задача 6). **(2 т.)**

Наклонът на графиката $\frac{1}{n_m}$ може да се определи графично, като изберем две точки от правата прекарана през експерименталните данни, например т. А с координати (0.0,0.0) и т. В с координати (15.7,11.6). Тогава за $\frac{1}{n_m}$ можем да запишем

$$\frac{1}{\bar{n}_m} = \frac{B_y - A_y}{B_x - A_x} = \frac{11.6}{15.7} = 0.74, \text{ (1.5 т.)}$$

от където за показателя на пречупване получаваме

$$\bar{n}_m = 1.35. \text{ (0.5 т.)}$$

Наклонът на графиката може да се определи и по формулата $\frac{1}{\bar{n}_m} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i h'_i}{\sum_{i=1}^n h_i^2}$.

8. Оценете абсолютната и относителната грешка на n_m . **(1.6 т.)**

Ако използваме, че $\bar{n}_m = \frac{B_x - A_x}{B_y - A_y}$, то максималната относителна грешка на $\bar{n}_m$ е

$$r = \frac{\Delta n_m}{\bar{n}_m} = \frac{\Delta(B_x - A_x)}{B_x - A_x} + \frac{\Delta(B_y - A_y)}{B_y - A_y}, \quad (1 \text{ т.})$$

където $\Delta(B_x - A_x) = \Delta B_x + \Delta A_x = (0.05 + 0.05) \text{ cm} = 0.1 \text{ cm}$ и $B_x - A_x = 15.7 \text{ cm}$, **(0.2 т.)**

а $\Delta(B_y - A_y) = \Delta B_y + \Delta A_y = (0.15 + 0.15) \text{ cm} = 0.3 \text{ cm}$ и $B_y - A_y = 11.6 \text{ cm}$. **(0.2 т.)**

Така получаваме, че $\frac{\Delta n_m}{\bar{n}_m} = \frac{0.1}{15.7} + \frac{0.3}{11.6} = 3\%$, а $\Delta n_m = 0.04$ **(0.2 т.)**

Абсолютната грешка Δn_m може да се оцени и графично, като през експерименталните точки се прекарат още две прави, от където да се определят максималния и минималния наклон, съответно да се пресметнат $n_m^{\min}$ и $n_m^{\max}$, тогава

$$\Delta n_m = (n_m^{\max} - n_m^{\min})/2.$$

9. Представете крайния резултат за n_m , като отчитате пресметнатите грешки.
(1 т.)

$$n_m = \bar{n}_m \pm \Delta n_m, \quad n_m = 1.35 \pm 0.04 \quad (0.5 \text{ т.})$$

$$n_m = \bar{n}_m \pm r, \quad n_m = 1.35 \pm 3\% \quad (0.5 \text{ т.})$$