

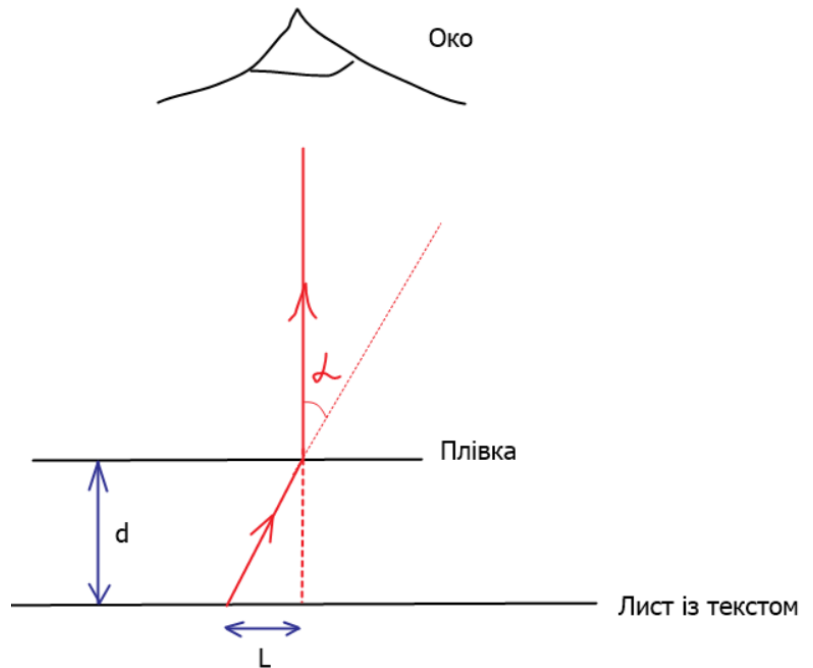
11.1 Мутне завдання

Розв'язок

А) Деталі спостережуваного об'єкту видно краще, коли плівка знаходиться впритул до предмету (тексту). При певному віддаленні від тексту його зображення мутніє і пропадає.

Б) Схематичне пояснення даного явища зображено на рисунку нижче.

Будемо вважати, що око людини знаходиться доволі далеко від плівки, а отже в око мають приходити майже паралельні вертикальні промені, що й утворюють зображення. Промінь світла народжується в певній точці листа й проходячи через плівку відхиляється на кут альфа. Тоді людина бачить цю точку зміщеною від її положення на відстань L . Якщо ця відстань стане такою як і характерний розмір літер, то все зображення помутніє і чіткість повністю пропаде. Це і буде наш критерій визначення потрібної висоти d плівки над листом із текстом.

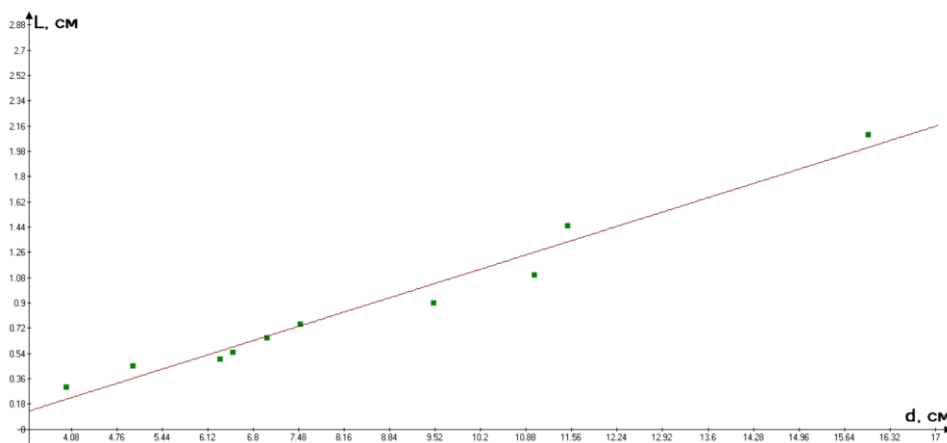


В) Тоді мутність можна визначити як: $\mu = \tan(\alpha) = \frac{L}{d}$.

Виміри можна провести з якомога більшою кількістю літер різного розміру на листі. Розмір літер L визначається лінійкою безпосередньо на листі А4. Відстань d міряється за допомогою вертикально встановленої на штативі лінійки. В такому випадку вдасться перевірити нашу теорію. Якщо мутність для всіх цих випадків буде відрізнятися в межах похибки, то можна вважати, що наша теорія гарно підтверджується. Або ж, що краще, побудувати графік залежності $L(d)$ і перевірити, чи він є лінійним. Обробити його можна, наприклад, за допомогою МНК.

Примітка: бажано вимірювання в кожній строчці проводити для однієї і тієї ж (або схожих) літери, для мінімізації суб'єктивності. Також треба намагатись дивитись через плівку не з малої відстані до неї.

Результати вимірювання одразу нанесемо на графік.



По куту нахилу графіка легко отримати, що $\mu \approx 0.15$.

Окремо треба оцінювати нанесення «вусів» похибок на кожну точку графіка та спроби оцінити похибку визначення кута нахилу графіка. Це можна робити або за допомогою МНК, або проводячи різні можливі нахили лінеаризуючої прямої по даним точкам і таким чином оцінюючи похибку.

11.2 «Насичена пара»

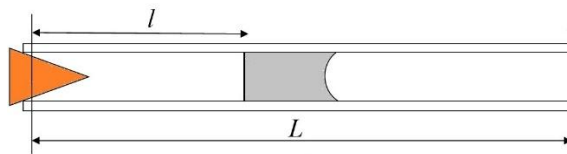
Розв'язок

План експерименту:

Занурюємо щільно закриту з одного боку зубочисткою трубку з повітрям в горизонтальному положенні у воду при температурі 70 °C налиту у кювету. Для уникнення термічного впливу на шкіру бажано скористатися ниткою (обмотавши або прив'язавши її до трубки). При цьому деяка частина повітря виходить з трубки; в трубці залишається суміш повітря та насиченої водяної пари.

Для того, щоб динамічна рівновага швидше встановилася бажано забезпечити, щоб трубка зсередини була мокрою. Через деякий час вода в посудині починає охолоджуватись; вода засмоктується в трубку. Трубку можна діставати при температурі, яка є безпечною. Бажано це робити не використовуючи нитку для запобігання розриву водяного стовпчика.

Покладемо трубку на горизонтальну поверхню і дочекаємось поки не встановиться теплова рівновага. Це стане зрозуміло з умови, що вода в трубці перестане змінювати своє положення. Після цього потрібно лінійкою виміряти довжину бульбашки повітря в трубці l та довжину трубки L (див. малюнок).



Приймемо у якості гіпотези, що середовище бульбашки – ідеальний газ. В цьому випадку має справджуватись рівність $PV/T = const$. Вважаючи, що площа поперечного перерізу трубки є постійною, повинно виконуватись співвідношення: $p_a L/T_1 = p_a l/T_2$, де p_a – атмосферний тиск.

Провівши дослід переконуємось в тому, що співвідношення $L/T_1 = l/T_2$ не справджується, що говорить про помилковість моделі суміші повітря та насиченої водяної пари у контакті з поверхнею води як моделі ідеального газу.

$T_1 = 294\text{K}$ (кімнатна температура), $T_2 = 343\text{K}$

Сума парціальних тисків повітря та водяної пари при 70°C та при кімнатній температурі мають бути рівними та дорівнювати атмосферному тиску. При цьому виникає питання

про вплив поверхневого натягу. Лапласів тиск буде нехтовно малим. Це можна перевірити зануривши відкриту з обох кінців трубку у кювету вертикально і вимірявши висоту підняття води. Помічаємо, що висота стовпчика буде порядку 10^{-3} м, гідростатичний тиск якого є набагато менше від тиску насиченої пари при кімнатній температурі (див. умову).

Отже

$$(p_a - p_{\text{нас1}})L/T_1 = (p_a - p_{\text{нас2}})l/T_2.$$

В цьому рівнянні всі величини окрім шуканого тиску насиченої пари $p_{\text{нас1}}$ вимірюються або відомі з умови. Розв'язуючи його дізнаємося $p_{\text{нас2}}$.

На запропонованому обладнанні отримуються результати в межах (20-30) кПа при табличному значенні 30 кПа.

Для того, щоб в скляній трубці була гарантовано насичена пара, варто перед початком експерименту зволожити її зсередини, набравши та виливши воду. Варто врахувати, що встановлення термодинамічної рівноваги займає деякий час, і тому трубку слід занурювати в посудину трохи раніше, ніж температура в ній стане 70°C .

Застереження по ТБ. Вчитель надає гарячу воду при температурі близько 80°C . Сплануйте експеримент так, щоб не було потреби вмочувати у гарячу воду пальці.

11.3 Пружне яблуко

Розв'язок

Час роботи годинника можна виміряти порівнявши його із періодом коливання яблука на пружині. Яблуко підвішується за гачок, протикаючи поверхню яблука.

Період коливань яблука на пружині визначається наступним чином.

Вимірюємо видовження пружини в статичному положенні при підвішуванні до неї яблука. За визначенням положення рівноваги: $k \cdot \Delta x = m \cdot g$. Звідси знаходимо відношення $k/m = g/\Delta x$

Визначаємо період коливання

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta x}{g}}.$$

Рахуючи кількість коливань маятника N за час висипання піску в пісковому годиннику отримуємо час його роботи

$$t = NT = 2\pi N \sqrt{\frac{\Delta x}{g}}.$$

Журі проводило вимірювання на 3 різних пружинках: від найслабшої до середньої з набору.

Учасникам були видані пружини різної жорсткості. Тому кількість визначених коливань могла бути різною, однак час пісочного годинника був біля $2 \text{ хв.} = 120 \text{ с}$.