

Експериментальна задача «ВАГОМИЙ» СІРНИК

Постановка задачі:

Визначити масу сірника.

Обладнання індивідуальне:

- Сірник без голівки;
- Смужка міліметрового паперу;
- Прозора трубка;
- Аркуш картону;
- Пластиковий стаканчик;

Обладнання групове:

- Посудина з водою;
- Шприц без голки;
- Вата;
- Клейка стрічка;
- Ножиці;
- Дріт;

Примітка. У звіті:

1. Описати ідею експерименту
2. Подати теоретичне обґрунтування вибору методу дослідження з виведенням робочої формули.
3. Показати, як забезпечена максимальна точність вимірювань. Оцінити похибку.
4. Представити результати вимірювань і розрахунків та їх аналіз.
5. Сформулювати висновки.

Експериментальная задача «ВЕСОМАЯ» СПИЧКА

Постановка задачи:

Определить массу спички.

Оборудование индивидуальное:

- Спичка без головки;
- Полоска миллиметровой бумаги;
- Прозрачная трубка;
- Лист картона;
- Пластиковый стаканчик;

Оборудование групповое:

- Сосуд с водой;
- Шприц без иголки;
- Вата;
- Клейкая лента;
- Ножницы;
- Проволока;

Примечание. В отчете:

1. Описать идею эксперимента.
2. Представить теоретическое обоснование выбора метода исследования с выводом рабочей формулы.
3. Показать, как обеспечена максимальная точность измерений. Оценить погрешность.
4. Представить результаты измерений и расчетов, их анализ.
5. Сформулировать выводы.

РОЗВ'ЯЗАННЯ

Умова задачі:

Визначити масу сірника.

Розв'язання задачі:

Ідея експерименту:

Визначити масу сірника можна використавши закон Архімеда. Для цього опустити сірник у воду, тоді маса витісненої сірником води буде дорівнювати масі самого сірника,

згідно формули Архімеда $F_A = \rho_{\text{води}} V_{\text{води}} g = m_{\text{тіла}} g$

Теоретичне обґрунтування:

Якщо опустити сірник у воду, налиту в пластиковий стаканчик, то підняття рівня води ми навряд зможемо виміряти з допомогою міліметрового паперу, оскільки він буде менший за ціну поділки даної мірної стрічки.

Щоб виміряти об'єм витісненої сірником води з пластикової прозорої трубки утворимо U-подібну сполучену посудину (що нагадуватиме рідинний манометр, але обидва її кінці будуть відкритими). Для того щоб коліна трубки були прямими, а це важливо при виконанні експерименту, їх можна зафіксувати з допомогою дротини, прикріпивши її до трубки з допомогою клейкої стрічки – це підсилить конструкцію, зробивши її більш жорсткою (фото 1).

Дану трубку кріпимо з допомогою клейкої стрічки до картону разом з міліметровим папером (фото 2).

Також, відрізавши частину картону можна зробити хрестовину ніжку, щоб конструкція могла стояти вертикально, адже не зовсім зручно весь час тримати установку рукою.

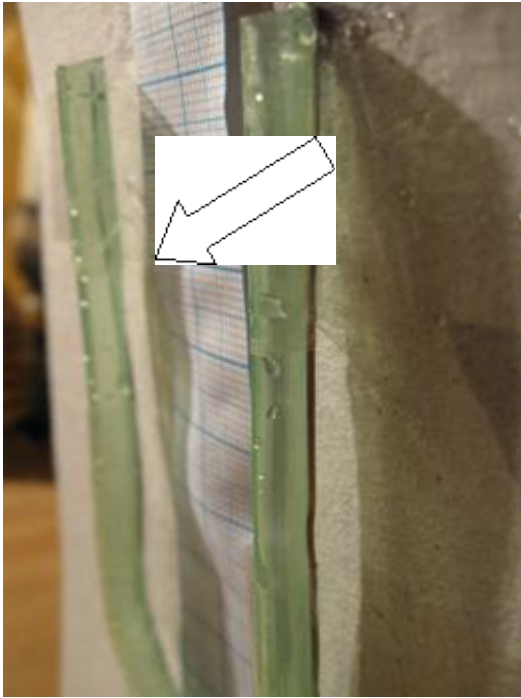


Фото 1

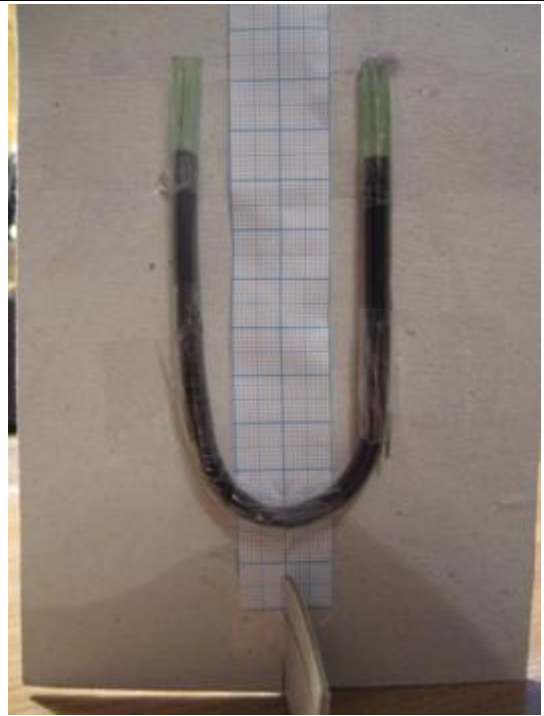


Фото 2

З допомогою шприца наллємо в трубку води і зафіксуємо її рівень, зробивши мітку на міліметровому папері.

Щоб уникнути прилипання сірника до внутрішніх стінок (це пов'язане з поверхневим натягом води) верхні частини трубки (незаповнені водою), після наповнення водою трубки, доцільно висушити, прочистивши ватою намотаною на дріт.

Після цього опускаємо сірник в будь-яке з колін посудини і спостерігаємо за підвищенням рівня води (фото 3, 4). За законом сполучених посудин рівень води в обох трубках підніметься на однакову висоту. Для того щоб маса сірника не змінювалась внаслідок набирання ним вологи, сірник попередньо вимочили у розплавленому парафіні.

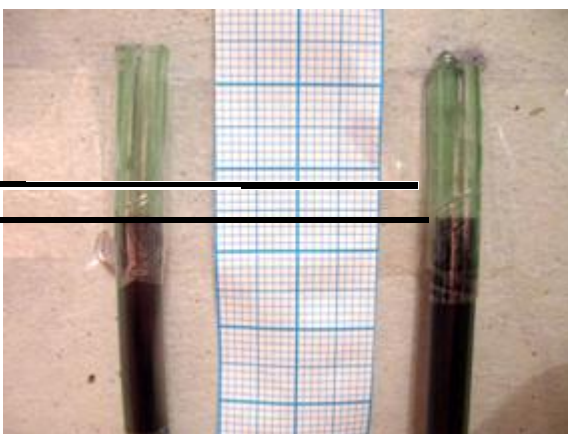


Фото 3

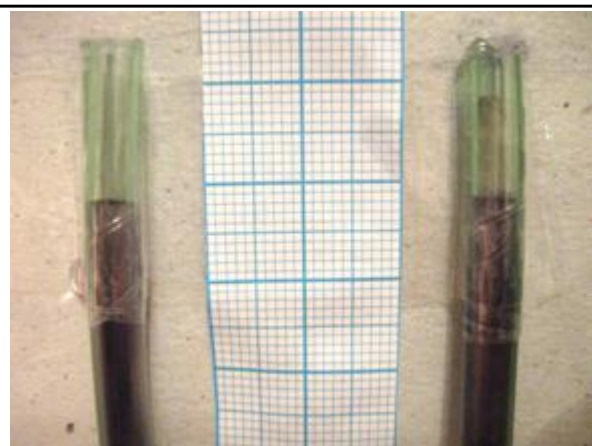


Фото 4

За висотою підняття рівня води в трубках h знаходимо об'єм ($V_{\text{води}} = 2 \cdot S \cdot h$) і масу ($m_{\text{води}} = \rho_{\text{води}} \cdot V_{\text{води}} = 2 \cdot S \cdot h \cdot \rho_{\text{води}}$) витісненої сірником води. Маса витісненої води за законом Архімеда дорівнюватиме масі сірника. З цих міркувань отримуємо робочу формулу:

$$F_A = \rho_{\text{води}} V_{\text{води}} g = m_{\text{тіла}} g$$

$$\rho_{\text{води}} V_{\text{води}} = m_{\text{тіла}}$$

$$m_{\text{тіла}} = \rho_{\text{води}} \cdot h \cdot 2S$$

$$m_{\text{тіла}} = 2 \cdot \rho_{\text{води}} \cdot h \cdot S \quad (1)$$

де $m_{\text{тіла}}$ – маса сірника;

$\rho_{\text{води}}$ - густина води (1 г/см³);

h – висота підняття рівня води в трубках;

S – площа поперечного перерізу трубки;

У даному досліді ми знехтували крайовими ефектами на межі поділу «вода-сірник». Це і буде основною причиною похибок.

В формулі (1) залишається невідомим внутрішня площа поперечного перерізу трубки. Оскільки діаметр трубки співрозмірний з товщиною стінок, то товщиною стінок в розрахунках знехтувати неможна.

Внутрішній діаметр трубки можна визначити з допомогою шприца і міліметрового паперу. Для цього наберемо у шприц деяку кількість води, так, щоб поршень зупинився на цілій поділці (фото 5). Таким чином визначимо об'єм води V . Шприц і трубку розташуємо горизонтально, щоб під час введення води з шприца в трубку не виникнуло розривів стовпчика води. Потім вставимо шприц у трубку і повільно введемо всю рідину з шприца в трубку. З допомогою міліметрового паперу виміряємо довжину стовпчика рідини в трубці H (фото 6). За наслідком з закону збереження маси об'єм рідини в трубці і в шприці однаковий, тому:

$$V = S \cdot H \Rightarrow S = \frac{V}{H} \quad (2)$$

Підставивши співвідношення (2) в формулу (1) отримаємо:

$$\boxed{\rho_{\text{води}} \cdot h \cdot V} \cdot \frac{1}{H} \quad \text{- робоча формула}$$

Розрахунок похибок:

Для обчислення похибок скористаємось формулами похибок для непрямих вимірювань:

$$\Delta m_{\text{тіла}} = 2 \cdot \rho_{\text{води}} \cdot (\Delta h \cdot S + \Delta S \cdot h) \quad (3),$$

$$\text{де } \Delta S = \frac{\Delta V \cdot H - \Delta H \cdot V}{H^2} \quad (4),$$

Підставимо (4) в (3):

Абсолютна похибка вимірювань маси сірника:

$$\Delta m_{\text{тіла}} = 2 \cdot \rho_{\text{води}} \cdot \left(\Delta h \cdot \frac{V}{H} + \frac{\Delta V \cdot H - \Delta H \cdot V}{H^2} \cdot h \right) \quad (5)$$

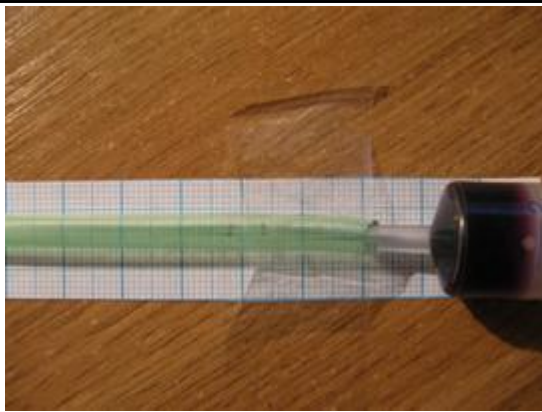


Фото 5

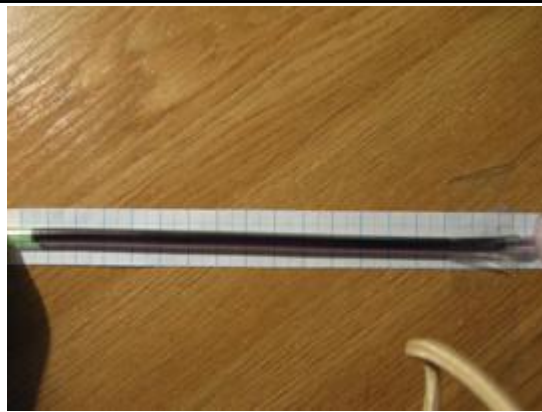


Фото 6

Причини похибок:

- Інструментальні похибки;
- Неврахування крайових ефектів;
- Похибки експериментатора.

КОНТРОЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ

Дані взяті з експерименту, фотографії якого надані вище:

Таблиця даних:

$h \times 10^{-3}$, м	$H \times 10^{-3}$, м	$\Delta h, \Delta H \times 10^{-3}$, м	$v \times 10^{-6}$, м ³	$\Delta v \times 10^{-6}$, м ³	$m_{\text{сирника}} \times 10^{-6}$, кг	$\Delta m_{\text{сирника}} \times 10^{-6}$, кг
4	174	0,5	2	0,5	91	34

Відповідь: $m_{\text{сирника}} = (91 \pm 34)$ мг

Отже, сила тяжіння сирника дорівнює $F_g(0,91 \pm 0,34)$ мН

Площа вільної поверхні сирника $l=3,2$ мм, а отже сила поверхневого натягу $F_{\text{пн}} 0,23$ мН

Точне значення маси досліджуваного сирника, отримане з допомогою аналітичних терезів $m=78$ мг, що є досить близьким до отриманого значення (розходження складають 17 %). Крім того значення 78 мг потрапляє в експериментально отриманий діапазон.

Підвищити точність вимірювань можна, якщо взяти шприц з меншою ціною поділки (інсуліновий), врахувати крайові ефекти.

Рекомендовані критерії оцінювання (у відсотках від оцінки):

- Ідея експерименту – 20 %
- Теоретичне обґрунтування знаходження маси сирника (отримання формули (1)) – 10 %

- Теоретичне обґрунтування знаходження внутрішнього діаметру трубки (отримання формули (2)) – 10 %
- Формула похибок (5) – 10 %
- Проведення вимірювань і обчислень отримання результату – 40 %
- Аналіз результату пояснення причин похибок, висновок - 10%