

Розв'язки експериментальних задач

8 клас №1, 9 клас №2.

Визначте довжину спіральної частини нитки лампи розжарювання.

Обладнання

Групове:

- скотч
- ножиці
- посудина з водою

Індивідуальне:

- штатив з лапкою і кільцем
- прозора плівка
- лінійка
- лампа для кишенькового ліхтарика з провідниками
- батарейка
- піпетка

У звітї:

- надайте теоретичне обґрунтування вибраної методики;
- опишіть Вашу установку і принцип її дії;
- опишіть, які заходи були Вами вжиті для підвищення точності вимірів;
- перевірити одержаний результат прямим вимірюванням, не розбиваючи лампи.

Розв'язання.

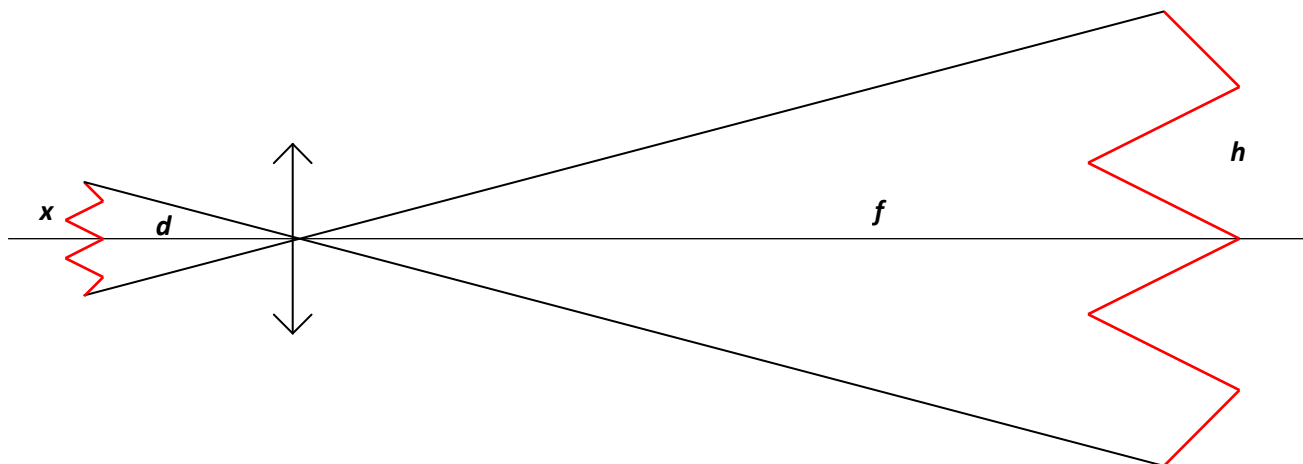
Прозору плівку за допомогою скотча прикріплюємо до кільця штатива. На плівку наносимо краплину води розміром декілька міліметрів. За більших розмірів краплини зображення спіралі недостатньо чітке для вимірювання.



Кільце розташовуємо на висоті $f \approx 30$ см над аркушем паперу. Над краплиною розташовуємо ввімкнену лампу розжарення. Підбираємо положення лампи так, щоб отримати на аркуші чітке зображення нитки лампи.

Щоб покращити точність результату бажано провести декілька дослідів для різних відстаней d і f .

Вимірюємо відстань від нитки розжарення до краплини d , від краплини до аркуша із зображенням f , а також розмір зображення h .



За побудовою, з подібності трикутників $\frac{f}{d} = \frac{h}{x}$, звідки $x = \frac{dh}{f}$, провівши вимірювання та підставивши числа одержимо результат ($x \approx 1,6 \text{ мм}$).

$$\text{Абсолютна похибка вимірювань: } \Delta x = x \left(\frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta f}{f} + \frac{\Delta h}{h} \right)$$

Завдання 2

Визначте масу батарейки.

Обладнання

Групове:

- посудина з підфарбованою водою

Індивідуальне:

- надувна кулька
- лінійка
- прозора гнучка трубка
- аркуш міліметрового паперу
- батарейка
- штатив з лапкою
- передня частина шприца

Увага! Підфарбовану воду не смакувати!

У звіті:

- надайте теоретичне обґрунтування вибраної методики;
- опишіть Вашу установку і принцип її дії;
- опишіть, які заходи були Вами вжиті для підвищення точності вимірів.

Трохи надуваємо кульку, використовуючи частину шприца приєднуємо до кульки водяний манометр, виготовлений з прозорої трубки. Змочуємо поверхню кульки підфарбованою водою, кладемо її на міліметровий папір, на кульку кладемо батарейку. Прибравши кульку з паперу за методом палетки обчислюємо площу плями — вона рівна площі дотику кульки до поверхні стола. Тиск повітря всередині кульки рівний тиску, що кулька створює на стіл. Враховуючи це маємо:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}, \text{ за показами манометра можна обчислити тиск повітря в кульці}$$

$$p = \rho g \Delta h.$$

$$- \rho g \Delta h = m \frac{g}{S}, \text{ звідси: } m = \rho \Delta h S.$$

**Завдання експериментального туру IV етапу
XLVI Всеукраїнської олімпіади з фізики 2009 року**

9 клас

ЗАВДАННЯ 1

Визначте внутрішній діаметр голки медичного шприца.

Обладнання

Групове:

- посудина з водою;
- годинник з секундною стрілкою.

Індивідуальне:

- медичний шприц з голкою;
- пластиковий стаканчик;
- лінійка.

Увага! Будьте обережні з голкою! Ковпачок з голки не знімати!

У звіт:

- опишіть Вашу установку та принцип її роботи;
- наведіть теоретичне обґрунтування обраного Вами способу вимірювань;
- вкажіть, як Ви добивались підвищення точності вимірювань;
- розрахуйте похибки вимірювання.

Рекомендації до розв'язання:

Основна ідея проведення досліду полягає в тому, щоб знайти швидкість витікання води з голки. Тоді, знаючи об'єм який вийшов зі шприца та час, за який це відбувається, можна знайти діаметр голки.

Швидкість можна знайти різними способами, наприклад:

- знайти висоту на яку підіймається струмінь води вгору;
- замірявши відстань по горизонталі та зниження струменя по вертикалі при горизонтальному початковому руху струменю;
- виміряти час витікання через голку відомого об'єму.

За швидкістю витікання можна знайти **внутрішній діаметр** голки за допомогою використання:

- рівняння неперервності $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$; $d_1^2 \cdot v_1 = d_2^2 \cdot v_2$
- об'єм циліндру $V = S \cdot l = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l$

Деякі параметри устаткування:

Розрахунковий об'єм шприца: $V = 2,5 \text{ мл} = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$

Відповідна довжина: $l = 4 \text{ см}$

Зовнішній діаметр голки: 0,6 мм.

Для збільшення точності треба, щоб швидкість витікання струменя не була би дуже великою, інакше опір повітря спотворює результати.

Отримане значення діаметру в межах приблизно від 0,3 мм до 0,55 мм може вважатися достатньо точним в межах точності досліду.

Розв'язання задачі 1 експериментального туру; 10 кл.

Пропонуємо один із можливих варіантів розв'язання даної задачі.

Метод одержання експериментальних даних, які дозволять знайти шукану залежність, може ґрунтуватись на вимірюванні додаткового тиску, а саме тиску стовпа води, що знаходиться в U-подібному манометрі, при якому вдається подолати тиск Лапласа на кінці голки шприца (рис. 1).

Для одержання значення радіуса голки шприца скористаємось рівнянням: $\rho_B g h_B = \frac{2\sigma_B}{R}$

$$\text{звідки } R = \frac{2\sigma_B}{\rho_B g h_B}$$

Коефіцієнт поверхневого натягу досліджуваного розчину знайдемо з наступного рівняння: $\rho g h = \frac{2\sigma}{R}$

$$\sigma = \frac{\rho g h R}{2} = \frac{\rho \sigma_B h}{\rho_B h_B}$$

Об'ємна концентрація розчину

$$k = \frac{V_{\text{сп}}}{V_{\text{розч}}} = \frac{V_{\text{сп}}}{V_{\text{розч}} + V_{\text{сп}}}$$

Різні її значення можна отримати шляхом доливання спирту в воду, яка знаходиться в резервуарі шприца.

Здобувши значення коефіцієнта поверхневого натягу розчинів різної об'ємної концентрації (склавши та заповнивши відповідну таблицю), у відповідних осях побудуємо графік шуканої залежності.

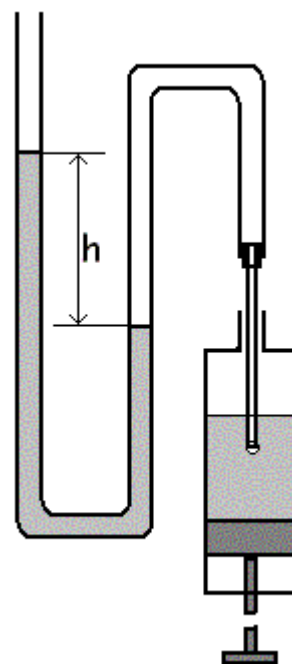
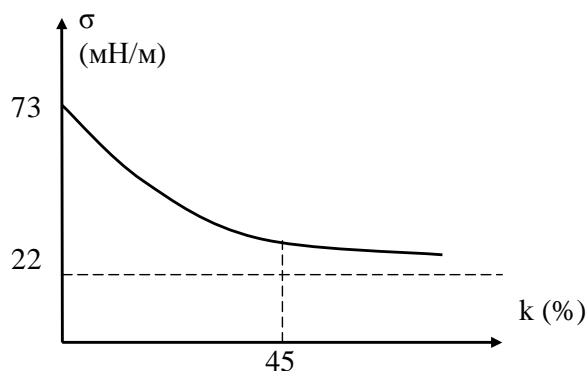


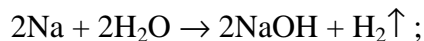
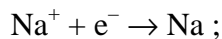
Рис. 1.



Завдання №2 10 клас

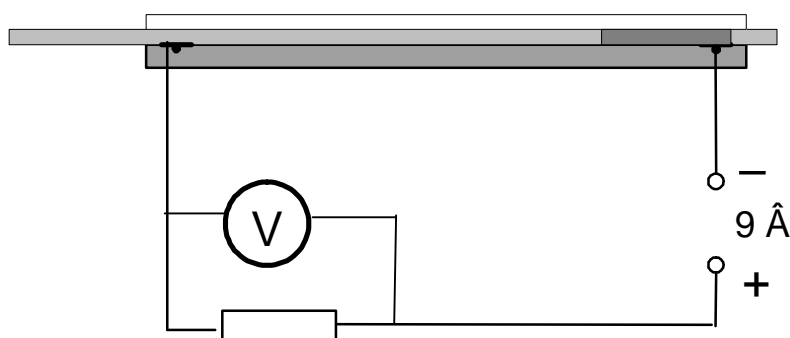
Дослідження дрейфу іонів гідроксиду в зовнішньому електричному полі

1. При пропусканні електричного струму через розчин сірчанокислового натрію на катоді відбувається виділення металевого натрію, який, взаємодіючи з водою, утворює гідрат окислу натрію.



Іони гідроксиду виявляються за допомогою фенолфталеїну по фіолетовому забарвленню розчину. Під дією зовнішнього електричного поля іони дрейфують від катода до анода, отже, область фіолетового забарвлення розповсюджується в напрямі від катода до анода із швидкістю дрейфу іонів.

Схема виміральної установки для дослідження дрейфу іонів приведена на малюнку.



Для того, щоб розчин, яким просочений фільтрувальний папір, не висихав, на ньому за допомогою скріпок кріпиться смужка прозорого пластика, а кінець смужки фільтрувального паперу в ході експерименту поміщається в стаканчик з розчином.

2. Для визначення дрейфової швидкості іонів гідроксиду за допомогою масштабної лінійки фіксуємо через певні проміжки часу t положення межі x фіолетового забарвлення розчину. Потім будуємо графік залежності $x(t)$. Точки графіка повинні лежати на прямій лінії, кутовим коефіцієнтом якої є швидкість дрейфу іонів.

3. Напруженість поля визначаємо як відношення різниці потенціалів між внутрішніми контактами вимірального приладу на відстань між ними.

Для знаходження сили струму в колі враховано той факт, що струм повного відхилення стрілки вольтметра становить 1 мА, а паралельно до нього ввімкнено резистор з опором в

6 разів меншим, Таким чином, повному відхиленню стрілки вольтметра відповідає струм у колі 7 мА.

4. Для оцінки радіусу іонів r вважатимемо їх за кульки, рухомі у в'язкому середовищі (воді) під дією електричної сили. Користуючись формулою Стокса, можемо записати

$$Eq = 6\pi\eta r v; \quad v = \mu E; \quad \text{звідки} \quad r = \frac{q}{6\pi\eta\mu} \dots$$

При обробці результатів експерименту отримано:

Дрейфова швидкість іонів $1.3 \cdot 10^{-5}$ м/с

Рухливість іонів $3.5 \cdot 10^{-8}$ м²/(В·с)

Радіус іонів $2.4 \cdot 10^{-10}$ м

11 клас, задача № 1

Теоретичне обґрунтування експериментальної методики дослідження

Під крутильним маятником розуміють конструкцію, що являє собою тіло, підвішене на вертикальній дротині. Передбачається, що вибір точки підвісу і розподіл маси тіла дають можливість забезпечити вертикальність підвісу під час крутильних коливань системи.

Період крутильних коливань $T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{\chi}}$, де I — момент інерції тіла відносно осі обертання, χ — коефіцієнт пропорційності у формулі для моменту сили $M = \chi\varphi$.

Згідно з умовою задачі $\chi = G \frac{\pi r^4}{2l} = G \frac{\pi d^4}{32l}$, де $d = 0,45$ мм — діаметр дротини.

Розглянемо випадки:

1) Лазерний диск разом із дротяним кріпленням, яке забезпечує його горизонтальність і можливість подальшого «завантаження» печивом і монетками — відповідний момент інерції позначимо I_0 .

2) Лазерний диск разом із дротяним кріпленням та двома монетками, розташованими на краю диска симетрично відносно його центра. Центри монеток — на відстанях a_M від центра диска, радіуси монеток r_M , монетки дають вклад у момент інерції $I_M = 2m_M(\frac{r_M^2}{2} + a_M^2)$.

3) Лазерний диск + кріплення + одне печиво в центрі диска. Момент інерції дорівнює $I_0 + I_n$.

4) Лазерний диск + кріплення + два печива, розташованих симетрично відносно центра диска. Печива дають вклад у момент інерції $2I_n + 2m_n a_n^2$.

Для всіх 4 випадків маємо схожі рівняння, записані у зручній для подальших перетворень формі:

$$\frac{\chi}{4\pi^2} T_0^2 = I_0, \quad (1)$$

$$\frac{\chi}{4\pi^2} T_M^2 = I_0 + I_M, \quad (2)$$

$$\frac{\chi}{4\pi^2} T_1^2 = I_0 + I_n, \quad (3)$$

$$\frac{\chi}{4\pi^2} T_2^2 = I_0 + 2I_n + 2m_n a_n^2. \quad (4)$$

Звідси легко отримати вирази для шуканих величин через вимірювані періоди коливань та величини $a_{\text{п}}$, $I_{\text{М}}$. Нагадаємо, що $I_{\text{М}} = 2m_{\text{М}}(\frac{r_{\text{М}}^2}{2} + a_{\text{М}}^2)$, де за умовою $m_{\text{М}} = 4,30$ г.

$$I_{\text{п}} = I_{\text{М}} \frac{T_1^2 - T_0^2}{T_{\text{М}}^2 - T_0^2},$$

$$m_{\text{п}} = I_{\text{М}} \frac{T_2^2 + T_0^2 - 2T_1^2}{2a_{\text{п}}^2(T_{\text{М}}^2 - T_0^2)}.$$

З тих самих рівнянь можна знайти χ , а отже й шуканий модуль $G = \frac{32l\chi}{\pi d^4}$.

Остаточню маємо $G = \frac{128\pi I_{\text{М}}}{d^4(T_{\text{М}}^2 - T_0^2)}$.

Члени журі отримали такі значення:

$$I_{\text{п}} = (1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-5} \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

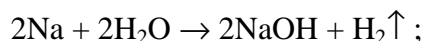
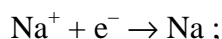
$$m_{\text{п}} = (2,9 \pm 0,3) \cdot 10^{-2} \text{ кг};$$

$$G = (3,0 \pm 0,5) \cdot 10^{10} \text{ Па}.$$

Завдання №2 11 клас

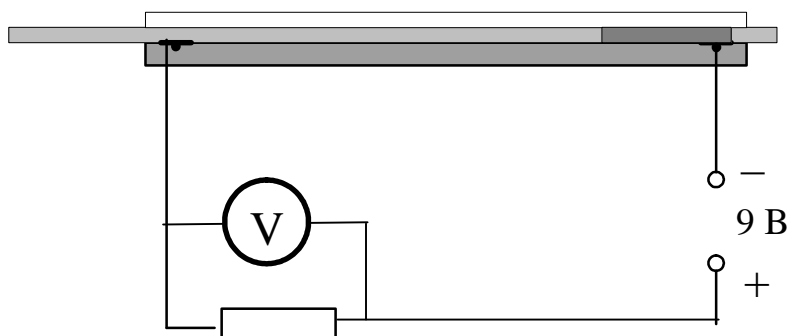
Дослідження дрейфу йонів гідроксила в зовнішньому електричному полі

1. При пропусканні електричного струму через розчин сірчаноокислого натрію на катоді відбувається виділення металевого натрію, який, взаємодіючи з водою, утворює гідрат окислу натрію.



Йони гідроксилау виявляються за допомогою фенолфталеїну по фіолетовому забарвленню розчину. Під дією зовнішнього електричного поля йони дрейфують від катода до анода, отже, область фіолетового забарвлення розповсюджується в напрямі від катода до анода із швидкістю дрейфу йонів.

Варіант схеми вимірювальної установки для дослідження дрейфу йонів приведено на малюнку.



Для того, щоб розчин, яким просочений фільтрувальний папір, не висихав, на ньому за допомогою скріпок кріпиться смужка прозорого пластика, а кінець смужки фільтрувального паперу в ході експерименту поміщається в стаканчик з розчином.

2. Для визначення дрейфової швидкості йонів гідроксила за допомогою масштабної лінійки фіксуємо через певні проміжки часу t положення межі x фіолетового забарвлення розчину. Визначаємо швидкість дрейфу йонів.

3. Напруженість поля визначаємо як відношення різниці потенціалів між скріпками на відстань між ними (попередньо пересвідчуємося в однорідності електричного поля у смужці).

Для знаходження сили струму в колі враховано той факт, що струм повного відхилення стрілки вольтметра становить 1 мА, а паралельно до нього ввімкнено резистор з опором в 6 разів меншим, Таким чином, повному відхиленню стрілки вольтметра відповідає струм у колі 7 мА.

4. Для оцінки радіусу йонів r вважатимемо їх за кульки, що рухаються у в'язкому середовищі (воді) під дією електричної сили. Користуючись формулою Стокса, можемо записати

$$Eq = 6\pi\eta r v; \quad v = \mu E; \quad \text{звідки} \quad r = \frac{q}{6\pi\eta\mu} \dots$$

При обробці результатів експерименту було отримано:

Дрейфова швидкість йонів $1.3 \cdot 10^{-5}$ м/с

Рухливість йонів $3.5 \cdot 10^{-8}$ м²/(В·с)

Радіус йонів $2.4 \cdot 10^{-10}$ м