

Схвалено для використання у загальноосвітніх навчальних закладах комісією з фізики та астрономії Науково-методичної ради з питань освіти Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України
(протокол № 3 від 05.06.2012).

Левшенюк В.Я., Левшенюк Я.Ф., Савош В.О., Трофімчук А.Б.

**Зошит для лабораторних робіт з фізики та робіт
фізпрактикуму. 11 клас. Академічний рівень, 72 стор.**

Рецензенти:

- Віднічук М.А.** - ректор Рівненського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти, кандидат педагогічних наук.
- Мислінчук В.О.** - доцент кафедри методики викладання фізики та хімії Рівненського державного педагогічного університету, кандидат педагогічних наук.

© Левшенюк В.Я., Левшенюк Я.Ф., Савош В.О., Трофімчук А.Б., 2012.

Шановний одинадцятикласнику!

Зошит для лабораторних робіт та робіт фізпрактикуму створено з метою:

- допомогти тобі і вчителю у підготовці та чіткій організації роботи під час експериментальних досліджень, оформленні результатів роботи;
- формування навичок послідовності проведення досліджень.

Після кожної роботи пропонуються контрольні питання, зміст яких майже відтворює хід виконання роботи. Інформація до питань, як правило, відображена на малюнках, розділених вертикальними лініями на два варіанти.

У зошиті також систематизовано роботи фізпрактикуму, які відповідають навчальній програмі з фізики. Кількість робіт, які тобі потрібно виконати, їх тривалість (одногодинні чи двогодинні) та обсяг визначає вчитель.

Задачі контрольних питань у роботах фізпрактикуму пропонуються в шести варіантах. Необхідність та форму їх виконання визначає вчитель. Питання для усного заліку є орієнтовними.

Результати вимірювань та обчислень записуй замість крапок – пропусків, відведених у звіті. Необхідні розрахунки записуй стисло, без проміжних математичних дій. При написанні висновків скористайся наведеною підказкою, а також опиши, як ти реалізував мету лабораторної роботи чи роботи фізпрактикуму.

Інструкції з безпеки життєдіяльності під час проведення фронтальних лабораторних робіт та робіт фізпрактикуму

ЗМІСТ ІНСТРУКТАЖУ

До початку роботи

1. Чітко з'ясуйте порядок і правила безпечного проведення експерименту.
2. Звільніть робоче місце від усіх непотрібних для роботи предметів. Перевірте наявність приладів та матеріалів, необхідних для виконання завдання.
3. Не приступайте до виконання роботи без дозволу вчителя.
4. Розміщуйте обладнання і прилади на робочому місці так, щоб уникнути їх падіння.

Під час виконання роботи

Правила роботи при проведенні робіт з електрики

1. Складаючи електричне коло, уникайте перетину проводів.
2. Правильно вмикайте прилади: амперметр - послідовно, вольтметр - паралельно до споживача, дотримуйтеся полярності, вказаної на передній панелі приладів.
3. Під час проведення дослідів не допускайте граничних навантажень вимірювальних приладів.
4. При складанні експериментальних установок використовуйте провідники (з кінцевиками і запобіжними чохлами) з міцною ізоляцією без видимих пошкоджень; забороняється користуватись провідниками із спрацьованою ізоляцією.
5. Джерело живлення вмикайте в електричне коло в останню чергу.
6. Не доторкайтесь до елементів кола, що перебувають під напругою і не мають ізоляції.
7. Наявність напруги в колі перевіряйте лише відповідними приладами.
8. Не виконуйте з'єднань у колі після ввімкнення джерела живлення.

9. Виявивши несправність в електричних пристроях, що перебувають під напругою, негайно вимкніть джерело живлення і повідомте про це вчителя.

10. Під час користування реостатом не виводьте повзунок у положення короткого замикання.

11. Під час користування електронагрівальними приладами оберігайтесь опіків від нагрітих деталей.

Правила роботи при проведенні робіт з оптики

1. Обережно поведіться з лінзами, лампочкою, щоб їх не розбити.
2. Не торкайтесь скляної поверхні оптичних приладів руками, щоб не змінити їх прозорість (бо на руках завжди є жир).
3. Обережно поведіться із запаленою свічкою, щоб не одержати опіків і не викликати пожежі.

Правила роботи при проведенні робіт з магнетизму

1. Обережно поведіться з постійними магнітами, не допускайте їх падіння, не вдаряйте по них сторонніми предметами, бо це приводить до їх розмагнічення.
2. Не торкайтесь магнітної стрілки постійними магнітами, бо це може призвести до її перемагнічення.

Правила роботи при проведенні окремих робіт фізпрактикуму

1. Учням не дозволяється користуватися приладами з написами на їх панелях (корпусі): "Тільки для проведення дослідів учителем".
2. Не доторкайтесь до корпусів стаціонарного обладнання, до затискачів відімкнених конденсаторів.
3. Під час експлуатації осцилографів необхідно обережно поводитися з електронно-променевою трубкою. Неприпустимі удари по трубці.
4. Не дозволяється експлуатувати лазер без захисного заземлення. Не дозволяється пряме попадання в очі світла від лазера.

Після закінчення роботи

1. Приберіть своє робоче місце.
2. Складіть обладнання так, як воно було складено до початку роботи.
3. При потребі витріть стіл чистою ганчіркою.

Вимоги безпеки в екстремальних ситуаціях

У разі травмування (поранення, опіки тощо) або поганого самопочуття повідомте вчителя.

Обчислення похибок під час виконання лабораторних робіт та робіт фізпрактикуму

Виконуючи лабораторні роботи та роботи фізпрактикуму, ви вчитеся проводити найпростіші досліді, вимірювання, аналізувати результати, робити висновки. Оскільки всі вимірювання проводяться з певною точністю, їх результат завжди наближений. Тому після досліджень ви повинні знати ступінь достовірності одержаного результату.

Різницю між дійсним значенням шуканої величини і одержаним результатом

$a_{\text{досл}}$ називають *абсолютною похибкою*, яка позначається Δa . Якщо значення фізичної величини знаходять безпосередньо засобами вимірювання (ваг, динамометром, напругу - вольтметром), таке вимірювання називають прямим. Якщо ж фізичну величину знаходять за формулою, що пов'язує її з іншими фізичними величинами, які визначають прямим вимірюванням (швидкість рівномірного руху за формулою $v = \frac{S}{t}$, де шлях вимірюють лінійкою, а час - секундоміром), то таке вимірювання називають посереднім.

Результат вимірювань величини a записується так: $a = a_{\text{досл}} \pm \Delta a$, де $a_{\text{досл}}$ - значення фізичної величини, знайдене за допомогою прямих або посередніх вимірювань, Δa - абсолютна похибка вимірювань.

Похибка вимірювань у шкільних умовах зазвичай визначається *інструментальною похибкою* вимірювального приладу Δa , *похибкою відліку* Δ_a та *випадковою похибкою* $\Delta_{\text{вип}}$ і знаходять за арифметичним законом додавання похибок: $\Delta a = \Delta_a + \Delta_a + \Delta_{\text{вип}}$ (1) або квадратичним: $\Delta a = \sqrt{\Delta_a^2 + \Delta_a^2 + \Delta_{\text{вип}}^2}$ (2).

Інструментальні похибки зазначають у паспорті приладу або на їх шкалах. У нижче наведеній таблиці вказано інструментальні похибки вимірювальних засобів, які використовуються при виконанні лабораторних робіт та робіт фізичного практикуму 11 класу.

№ п/п	Засоби вимірювань	Границя вимірювань	Ціна поділки (крок дискретизації)	Абсолютна інструментальна похибка
1	Лінійка учнівська	До 50 см	1 мм	± 1 мм
2	Стрічка вимірювальна	150 см	5 мм	± 5 мм
5	Секундомір механічний	0-30 хв	0,2 с	± 1 с за 30 хв
6	Секундомір електронний	0-30 хв	0,1 с	$\pm 0,3$ с
			0,01 с	$\pm 0,03$ с

Для визначення інструментальної похибки вимірного приладу необхідно знати його клас точності γ , який здебільшого зазначається на шкалах приладів цифрою, обведеною колом. Клас точності показує відсоток, який складає абсолютна інструментальна похибка від значення верхньої межі вимірювань за шкалою приладу. Так, якщо межа вимірювань амперметра 2 А, а на шкалі приладу вказано

клас точності $\gamma=4\%$, то із співвідношення $\gamma = \frac{\Delta_i I}{I_{\text{max}}} \cdot 100\%$, абсолютна інструментальна похибка дорівнює $\Delta_i I = \frac{\gamma \cdot I_{\text{max}}}{100\%} = \frac{4 \cdot 2 \text{ А}}{100} = 0,08 \text{ А}$.

Похибка відліку для цифрових приладів дорівнює нулю. Для інших вимірювальних засобів **похибка відліку** дорівнює нулю у випадку, коли вказівник приладу збігається з штрихом шкали даного засобу (мал.1).

Якщо ж значення вимірюваної величини не збігається з штрихом шкали (мал.2), то за **похибку відліку** приймають її максимальне значення (**межу**), що дорівнює половині ціни поділки шкали вимірювального приладу (для механічного секундоміра ціни поділки).

Абсолютну похибку вимірювань зазвичай округлюють до однієї значущої цифри ($\Delta a = 0,028 \approx 0,03$). Якщо ж перша значуща цифра - одиниця, то допускається записувати дві значущі цифри, а інші відкидаються з округленням у більшу сторону. У проміжних розрахунках допускається використовувати на одну-дві значущі цифри більше. Числове значення результату вимірювань округлюють так, щоб його остання цифра була в тому самому розряді, що й цифра похибки ($a = 7,143 \approx 7,14$).

Дуже часто не вдається уникнути певних похибок, пов'язаних з дією різних причин, вплив яких важко врахувати. Ці причини призводять до того, що результати повторних вимірювань за тих же умов відрізняються один від одного на величину, дещо більшу, ніж сума інструментальної похибки приладу і похибки відліку. Похибки, які виникають при цьому називають **випадковими**. Найпростішим шляхом зменшення таких похибок є проведення кількох вимірювань значень шуканої величини. Наприклад, якщо виконано n вимірювань і знайдено числові значення $a_1, a_2, \dots, a_n$, то найбільш ймовірне значення вимірюваної величини дорівнює середньому арифметичному: $a_c = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$. Мірою випадкових похибок є середнє квадратичне відхилення, яке називають **стандартним відхиленням** і визначають із співвідношення: $\sigma = \sqrt{\frac{(a_1 - a_c)^2 + (a_2 - a_c)^2 + \dots + (a_n - a_c)^2}{n}}$.

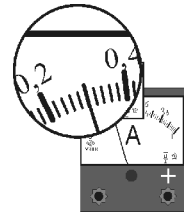
На практиці за випадкову похибку приймають її межу, яка дорівнює трьом стандартним відхиленням: $\Delta_{\text{вип}} a = 3\sigma$. Якщо ж вимірювання деякої фізичної величини за незмінних умов немає потреби проводити кілька разів, то випадкову похибку не обчислюють. В такому випадку рівняння (1) та (2) запишуться:

$$\Delta a = \Delta_a + \Delta_a \quad (3); \quad \Delta a = \sqrt{\Delta_a^2 + \Delta_a^2} \quad (4).$$

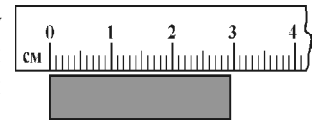
За відомою абсолютною похибкою можна визначити інтервал, в якому знаходиться дійсне значення шуканої величини. Наприклад, якщо довжина стола, виміряного лінійкою з ціною поділки 1 см, складає 90 см, то дійсне значення довжини знаходиться в інтервалі [89 см ; 91 см] і результат записується так: $l = (90 \pm 1) \text{ см}$.

Для оцінки точності вимірювань фізичної величини вводять *відносну похибку*, яку позначають символом ε (епсilon) і визначають з відношення абсолютної похибки до значення вимірюваної величини (як правило, вказують у відсотках):

$$\varepsilon = \frac{\Delta a}{a_{\text{досл}}} \cdot 100\%$$



Мал. 1



Мал. 2

Розрахунок відносних похибок посередніх вимірювань залежить від виду формули, за якою обчислюють вимірювану величину (див. таблицю).

Вид формули	Відносна похибка ε	Вид формули	Відносна похибка ε
$a=b \cdot c$	$\frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}$	$a=b \pm c$	$\frac{\Delta b + \Delta c}{b \pm c}$
$a = \frac{b}{c}$		$a = b^n \cdot \sqrt{c}$	$\frac{n\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{2c}$

Порядок знаходження результату при непрямих вимірюваннях фізичної величини такий (Л.Р. 2, Ф.П. 3,11):

- дослідне значення величини $a_{\text{досл}}$ визначають за формулою, що пов'язує дану величину з іншими величинами, значення яких виміряно безпосередньо приладами;
- знаходять абсолютну похибку прямих вимірювань за формулою (1) або (2);
- знаходять відносну похибку вимірювань за відповідною формулою з таблиці;
- з формули $\varepsilon = \frac{\Delta a}{a_{\text{досл}}}$ визначають абсолютну похибку: $\Delta a = a_{\text{досл}} \cdot \varepsilon$;
- записують результат, вказуючи абсолютну похибку: $a = a_{\text{досл}} \pm \Delta a$;
- записують інтервал, в якому знаходиться значення фізичної величини: $[a_{\text{досл}} - \Delta a; a_{\text{досл}} + \Delta a]$.

Розглянемо як приклад визначення внутрішнього опору джерела струму. Учень під'єднав вольтметр безпосередньо до джерела струму і знявши покази (мал.3) отримав значення електрорушійної сили $\mathcal{E}$. Після цього склав коло за схемою (мал.9) і зняв покази вольтметра U і амперметра I (мал.4). $\mathcal{E} = 4,5 \text{ В}$, $U = 4 \text{ В}$, $I = 1 \text{ А}$.

Клас точності вольтметра і амперметра $\gamma = 2$. Межа вимірювань вольтметра 6 В, амперметра 1 В, отже $\Delta I U = 0,12 \text{ В}$, $\Delta I = 0,02 \text{ А}$. Вимірювання проводяться один раз, тому випадкові похибки відсутні. Похибка відліку при визначенні електрорушійної сили $\Delta_{\mathcal{E}} \mathcal{E} = 0,1 \text{ В}$, тому що стрілка не збігається з штрихом, а ціна поділки вольтметра 0,2 В. Похибка відліку при визначенні напруги і сили струму $\Delta_{\mathcal{E}} U = 0$, $\Delta_{\mathcal{E}} I = 0$, оскільки стрілка приладів збігається з штрихом.

Отже $\Delta \mathcal{E} = \Delta_{\mathcal{E}} \mathcal{E} + \Delta_{\mathcal{E}} \mathcal{E} = 0,12 \text{ В} + 0,1 \text{ В} = 0,22 \text{ В}$; $\Delta U = \Delta_{\mathcal{E}} U + \Delta_{\mathcal{E}} U = 0,12 \text{ В}$;

$$I = \Delta_{\mathcal{E}} I + \Delta_{\mathcal{E}} I = 0,02 \text{ А}. \quad r = \frac{\mathcal{E} - U}{I} = 0,5 \text{ Ом}. \quad \varepsilon = \frac{\Delta \mathcal{E} + \Delta U}{\mathcal{E} - U} + \frac{\Delta I}{I}.$$

$$\varepsilon = \frac{0,22 + 0,12}{4,5 - 4} + \frac{0,02}{1} = 0,7. \quad \Delta r = r \cdot \varepsilon \approx 0,35 \text{ Ом}. \quad \text{Отже, значення опору}$$

$r = (0,5 \pm 0,35) \text{ Ом}$, тобто лежить в інтервалі $[0,15 \text{ Ом}; 0,85 \text{ Ом}]$.

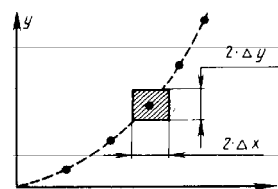
Як бачимо, похибка при вимірюванні опору цим способом співмірна зі значенням самого опору. Отже, цей метод дає тільки оцінку і його не доцільно використовувати для визначення опору джерела струму.

Якщо в роботі необхідно визначити значення відомих (табличних, позначених на елементах) величин, зручно провести порівняння отриманих значень з відомими за формулою:

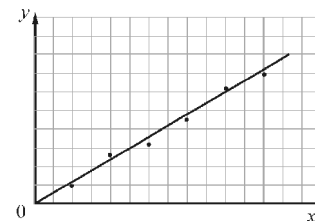
$\varepsilon = \frac{|a_{\text{табл.}} - a_{\text{досл.}}|}{a_{\text{табл.}}} \cdot 100\%$, де ε - величина, яка є оцінкою якості вимірювань і показує відхилення значення, знайденого експериментально, від відомого (Ф.П. 1, 10).

Коли перевіряють закономірності, що мають вигляд $a=b$, то ознакою правильності цього співвідношення є перетин інтервалів $[a \pm \Delta a]$ і $[b \pm \Delta b]$. Якщо підрахунок абсолютних похибок викликає труднощі, можна обчислити відхилення відношення a/b від 1. Величина $\varepsilon = \left| \frac{a}{b} - 1 \right| \cdot 100\%$ дає можливість зробити висновок про якість експериментальної перевірки рівності $a=b$ (Ф.П. 2).

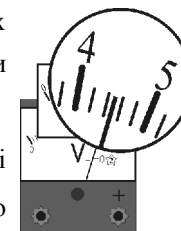
Часто підсумки експерименту відображають графічно. При побудові графіка слід пам'ятати, що на координатних осях відкладають не конкретне значення з координатами (x, y) , а область (зі сторонами $2\Delta x$ і $2\Delta y$), що враховує відхилення цих значень з урахуванням похибок, тому лінію графіка треба проводити через ці області (мал.5). У випадках, коли на координатних осях не відкладають похибку величин, графік проводять у вигляді плавної лінії, яка якнайближче проходить біля відмічених точок (мал.6).



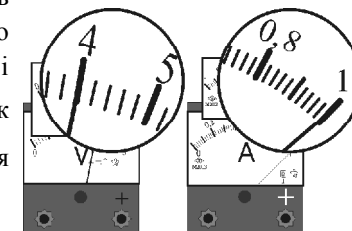
Мал. 5



Мал. 6



Мал. 3



Мал. 4

Лабораторна робота № 1

Дослідження взаємодії електризованих тіл

Мета: ознайомитися із способами електризації тіл і характером їх взаємодії внаслідок

- електризації дотиком (тертям);

- електризації через вплив.

Обладнання: файл для паперу, аркуш паперу, пластинка з пінопласту (ебонітова паличка, пластикова лінійка), шматок вовни (хутра, шерсті), металева гільза (конус з фольги, який можна виготовити з шоколадної обгортки), паперова гільза, сірники (запальничка).

Хід і результати роботи

Дослід 1.

Вирізати з поліетиленового файла подвійну смужку (шириною 4-5 см) і між нею розмістити смужку з паперу (газети, шириною 6-7 см). Покласти смужки на стіл і потерти кілька разів пальцями руки уздовж поліетиленових смужок з обох сторін. Утримуючи смужки з файла двома пальцями, розмістити їх вертикально і видалити паперову смужку.

Що спостерігається? _____

Чим пояснюється спостережуване явище? _____

Дослід 2.

Покласти поліетиленову смужку на паперову і провести кілька разів пальцями руки уздовж поліетиленової смужки. Взяти смужки у дві руки і розмістити їх вертикально на відстані 20-30 см. Повільно зблизити смужки.

Що спостерігається? _____

Чим пояснюється спостережуване явище? _____

Дослід 3.

Виготовити дві гільзи (конуси): паперову і металеву. Підвісити гільзи на шовковій нитці довжиною 40-60 см. Потерти шматок пінопласту об папір і піднести його по черзі до обох гільз.

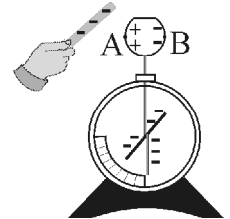
Що спостерігається? _____

Чим пояснюється спостережуване явище? В чому полягає різниця у

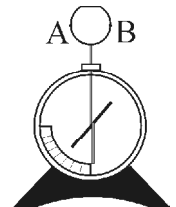
виникненні зарядів на поверхнях гільз? _____

Контрольні питання

На малюнку 7 відображено розподіл заряджених частинок на елементах електрометра у випадку, коли до нього піднесли наелектризовану ебонітову паличку. До електрометра учень торкається пальцем у точці А (1 варіант) і у точці В (2 - варіант) і одночасно забирає палець та ебонітову паличку. Вказати розподіл зарядів на елементах електрометра (мал. 8) і пояснити причину такого розподілу.



Мал. 7



Мал. 8

Завдання додому: Відірваний шматок скотча відразу прилипає до катушки. Встановіть, що є причиною такої взаємодії.