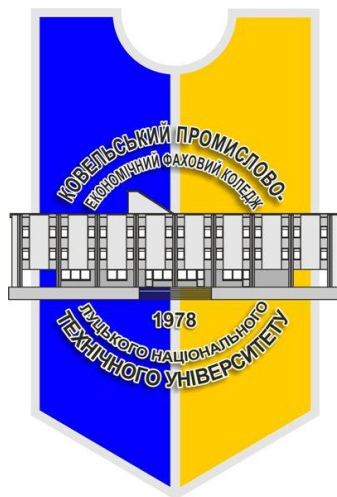


Міністерство освіти і науки України
ВСП « Ковельський промислово-економічний фаховий
коледж
Луцького національного технічного університету»



ФІЗИКА І АСТРОНОМІЯ

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з фізики та астрономії для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня фаховий молодший бакалавр усіх спеціальностей денної форми навчання.

УДК 53.01/0982(07)

Ф-50

Затверджено до видання методичною радою ВСП «КПЕФК Луцького НТУ»,

протокол № _ від «_» _ грудня _____ 2021 року.

Голова методичної ради ВСП «КПЕФК Луцького НТУ» _____ І. М. Люшик

Розглянуто і схвалено на засіданні циклової методичної комісії гуманітарних та соціально-економічних дисциплін ВСП «Ковельський промислово-економічний фаховий коледж Луцького НТУ», протокол № 3 від «16» грудня 2021 року.

Голова циклової методичної комісії _____ Ж.В. Кривош

Електронна копія друкованого видання передана до книжкового фонду бібліотеки ВСП «Ковельський промислово-економічний фаховий коледжу Луцького НТУ»

Завідувачка бібліотеки _____ Н.М.Телючик

(підпис)

Укладач: _____ Л.І.Середа, викладач ВСП «КПЕФК Луцького НТУ»

(підпис)

Рецензент: _____ С.Ф.Бабарика, к.т.н., викладач ВСП «КПЕФК Луцького НТУ»

(підпис)

Відповідальний за випуск: _____ Л.В. Прокопчук, методист ВСП «КПЕФК Луцького НТУ»

(підпис)

Фізика і астрономія [Текст]: Методичні вказівки до занять для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня фаховий молодший бакалавр денної форми навчання/уклад. Л.І.Середа – Ковель: ВСП «КПЕФК Луцького НТУ», 2022. – 49 с.

Методичне видання складене відповідно до діючої програми предмету «Фізика і астрономія» рівень «стандарт» авторський колектив під керівництвом Яцківа Я.С. з метою розуміння здобувачами освітньо-кваліфікаційного рівня молодший бакалавр суті фізичних процесів з урахуванням внутрішньо-наукових та між предметних зв'язків.

© Л.І. Середа, 2022

Шановний студент!

Методичні рекомендації для виконання експериментальних робіт створено з метою:

- допомогти тобі і викладачу у підготовці та чіткій організації роботи під час експериментальних досліджень, оформленні результатів роботи;
- перевірки знань після завершення роботи.

В даному зошиті описані експериментальні роботи, які відповідають навчальній програмі з фізики для 11 класу (рівень стандарту) як авторського колективу під керівництвом Локтева В. М., так і авторського колективу під керівництвом Ляшенка О. І. Окремі експериментальні роботи можна виконувати як навчальні проекти.

Необхідні розрахунки записуй стисло, без проміжних математичних дій. При написанні висновків проаналізуй отримані результати та опиши, як ти реалізував мету роботи. Після кожної роботи пропонуються контрольні завдання. Зміст першого майже відтворює хід виконання роботи. Інформація до завдання, як правило, зображена на малюнках, розділених вертикальними лініями на два варіанти.

Оскільки роботи можна виконувати як фронтальні, так і як роботи фізичного практикуму, то друге контрольне завдання це задача в шести варіантах, яку ти зможеш виконати вдома і пояснити під час захисту роботи. Запитання для усного заліку є орієнтовними і допоможуть тобі ще раз опрацювати теоретичний матеріал.

Перед тим, як виконувати роботу і оформляти звіт, уважно прочитай теоретичний матеріал підручника. Щастя тобі в пошуках істини!

Інструкції з безпеки під час проведення експериментальних робіт

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. Використовуйте провідники з міцною ізоляцією без пошкоджень.
5. Під час користування реостатом не виводьте повзунок у положення короткого замикання.
6. Під час користування електронагрівальними приладами остерігайтесь опіків від нагрітих деталей,
7. Не доторкайтесь до корпусів стаціонарного обладнання, до затискачів відімкнутих конденсаторів.
8. Джерело живлення вмикайте в електричне коло в останню чергу.
9. Не виконуйте з'єднань у колі після ввімкнення джерела живлення.
10. Виявивши несправність в електричних пристроях, що перебувають під напругою, негайно вимкніть джерело живлення і повідомте про це вчителя.

Правила зважування

1. Користуючись терезами, не допускайте механічних ударів важків об шальки.
2. Не кладіть на шальки терезів мокрі, брудні, жирні, гарячі тіла, не насипайте сипучі речовини.
3. Дрібні важки беріть тільки пінцетом.

Правила роботи з рідинами

1. Не пробуйте на смак рідин, які використовуються в дослідах, не допускайте їх розливання на робочий стіл.

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.

Після закінчення роботи

1. Приберіть своє робоче місце.
2. Складіть обладнання так, як воно було складене до початку роботи.

Вимоги безпеки в екстремальних ситуаціях

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

Вимірювання, похибки (невизначеності), обчислення

Проводячи експериментальні дослідження, потрібно вміти аналізувати результати, робити висновки. Оскільки всі вимірювання проводяться з певною точністю, їх результат завжди наближений. Тому після досліджень потрібно знати ступінь достовірності одержаного результату. Різницю між дійсним значенням шуканої величини і одержаним результатом $x_{\text{досл}}$ називають *абсолютною похибкою*, яка позначається Δx .

Якщо значення фізичної величини знаходять безпосередньо засобами вимірювання (вагу – 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 x записується так: $x = x_{\text{досл}} \pm \Delta x$, де $x_{\text{досл}}$ – значення фізичної величини, знайдене за допомогою прямих або посередніх вимірювань, Δx – абсолютна похибка вимірювань.

Похибка вимірювань у шкільних умовах зазвичай визначається систематичною та випадковою похибками. Систематична похибка пов'язана з якістю вимірювального приладу, тому її часто називають *інструментальною похибкою* вимірювального приладу Δx .

Інструментальні похибки зазначають у паспорті приладу або на їх шкалах. У таблиці вказано інструментальні похибки вимірювальних засобів, які часто використовуються при виконанні шкільного експерименту 11 класу.

№ п/п	Засіб вимірювання	Границя вимірювань	Ціна поділки (крок дискретизації)	Абсолютна інструментальна похибка
1	Лінійка учнівська	до 50 см	1 мм	± 1 мм
2	Лінійка демонстраційна	1 м	1 см	$\pm 0,5$ см
3	Секундомір механічний	0-30 хв	0,2 с	± 1 с за 30 хв
4	Секундомір електронний	0-30 хв	0,1 с	$\pm 0,3$ с
			0,01 с	$\pm 0,03$ с

Як бачимо абсолютна інструментальна похибка в основному дорівнює або половині ціни поділки засобу вимірювання або ціні поділки.

Для визначення інструментальної похибки вимірювального 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 $\gamma = \frac{\Delta_i I}{I_{\max}} \cdot 100\%$, абсолютна інструментальна похибка дорівнює:

$$\Delta_i I = \frac{\gamma \cdot I_{\max}}{100\%} = \frac{4\% \cdot 2 \text{ А}}{100\%} = 0,08 \text{ А}.$$

Випадкові похибки $\Delta_{\epsilon} x$ пов'язані з процесом вимірювання. 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. Наприклад, вимірюючи секундоміром час скочування кульки, неможливо за один раз точно його зафіксувати в зв'язку з такими факторами як реакція людини, тертя кульки. Найпростішим шляхом зменшення таких похибок є проведення кількох вимірювань значень шуканої величини. Наприклад, якщо виконано N вимірювань і знайдено числові значення $x_1, x_2, \dots, x_N$, то найбільш ймовірне значення вимірюваної величини дорівнює середньому арифметичному: $x_c = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$.

$$\text{Тоді випадкова похибка } \Delta_{\epsilon} x = \frac{|x_1 - x_c| + |x_2 - x_c| + \dots + |x_N - x_c|}{N}.$$

Іноді немає потреби здійснювати вимірювання багато разів. Наприклад, вимірюючи вагу бруска динамометром результати будуть однаковими. Однак і в такому випадку похибки присутні, адже не завжди показчик динамометра збігатиметься з штрихом шкали. Такі випадкові похибки називають *похибками відліку*.

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

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

Отже в загальному випадку абсолютна похибка вимірювань записується:

$$\Delta x = \Delta_i x + \Delta_{\epsilon} x \quad (1).$$

Абсолютну похибку вимірювань зазвичай округлюють до однієї значущої цифри ($\Delta x = 0,028 \approx 0,03$). 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 ($x = 7,143 \approx 7,14$).

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] (інструментальна похибка 0,5 см; вважаємо, що не було збігу з штрихом шкали лінійки, тому похибка відліку теж 0,5 см) і результат записується так: $l = (90 \pm 1)$ см.

Абсолютна похибка теж не повністю характеризує точність вимірювання. Наприклад, абсолютна похибка 1 мм при вимірюванні довжини 10 м досить непогана, а при вимірюванні розмірів біля декількох міліметрів – суттєва.

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

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{\text{досл}}} \cdot 100\% .$$

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
$c = a \cdot b$	$\frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$	$c = a \pm b$	$\frac{\Delta a + \Delta b}{a \pm b}$
$c = \frac{a}{b}$		$c = a^n \cdot \sqrt{b}$	$\frac{n\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{2b}$

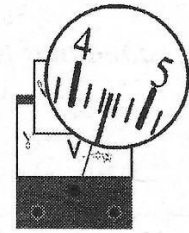
Порядок знаходження результату при непрямих вимірюваннях фізичної величини такий:

- дослідне значення величини $x_{\text{досл}}$ визначають за формулою, що пов'язує дану величину з іншими величинами, значення яких виміряно безпосередньо приладами;
- знаходять абсолютну похибку прямих вимірювань за формулою (1);
- знаходять відносну похибку вимірювань за відповідною формулою (див. таблицю);
- з формули $\varepsilon = \frac{\Delta x}{x_{\text{досл}}}$ визначають абсолютну похибку: $\Delta x = x_{\text{досл}} \cdot \varepsilon$;
- записують результат, вказуючи абсолютну похибку: $x = x_{\text{досл}} \pm \Delta x$;

- записують інтервал, в якому знаходиться значення фізичної величини:

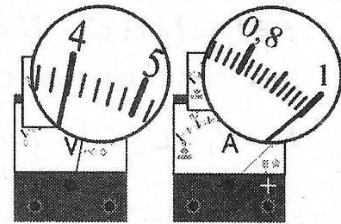
$$[x_{\text{досл.}} - \Delta x; x_{\text{досл.}} + \Delta x].$$

Розглянемо як приклад визначення внутрішнього опору джерела струму. Учень під'єднав вольтметр безпосередньо до джерела струму і, знявши покази (мал. 1), отримав значення електрорушійної сили $\mathcal{E}$. Після цього склав коло за схемою (мал. 12) і зняв покази вольтметра U (мал. 2) та амперметра I (мал. 3). $\mathcal{E} = 4,5 \text{ В}$, $U = 4 \text{ В}$, $I = 1 \text{ А}$.



Мал. 1

Клас точності вольтметра і амперметра $\gamma=2$. Межа вимірювань вольтметра 6 В, амперметра 1 А, отже $\Delta_i U = 0,12 \text{ В}$, $\Delta_i I = 0,02 \text{ А}$. Вимірювання проводяться один раз, тому випадкові похибки відсутні. Похибка відліку при визначенні



Мал. 2

Мал. 3

електрорушійної сили $\Delta_e \mathcal{E} = 0,1 \text{ В}$, тому що стрілка не збігається з штрихом, а ціна поділки вольтметра 0,2 В. Похибка відліку при визначенні напруги і сили струму $\Delta_e U = 0$, $\Delta_e I = 0$, оскільки стрілка приладів збігається з штрихом.

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

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

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

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

Якщо в роботі необхідно визначити значення відомих (табличних) величин, зручно провести порівняння отриманих значень з табличними за формулою

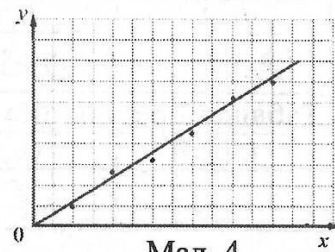
$$\varepsilon = \frac{|x_{\text{табл}} - x_{\text{досл}}|}{x_{\text{табл}}} \cdot 100\%, \quad \text{де } \varepsilon - \text{величина, яка є оцінкою якості вимірювань і}$$

показує відхилення значення, знайденого експериментально, від табличного.

Коли перевіряють закономірності, що мають вигляд $a=b$, то висновок про якість експериментальної перевірки цієї рівності можна зробити, обчисливши

$$\text{величину } \varepsilon = \left| \frac{a}{b} - 1 \right| \cdot 100\%.$$

Часто підсумки експерименту відображають графічно. При побудові графіка слід пам'ятати, що його проводять у вигляді лінії, яка якнайближче проходить біля відмічених точок (мал. 4).



Мал. 4

Лабораторна робота №1

Дослідження прямолінійного рівноприскореного руху

Мета: навчитися визначати коефіцієнт тертя ковзання різними способами.

Обладнання: брусок прямокутної форми, лінійка, трибометр, олівець.

Хід і результати роботи

Характеристика засобів вимірювання

1. Інструментальна похибка:

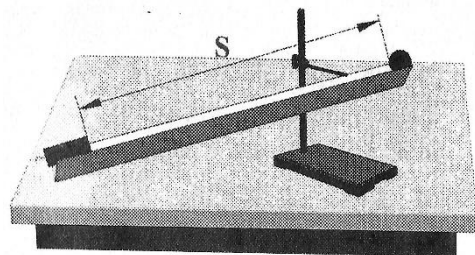
лінійки _____ секундоміра _____

2. Межа похибки відліку:

шкали лінійки _____ шкали секундоміра _____

Опис установки та ідея досліджень

Дослідження рівноприскореного руху кульки здійснюють за допомогою похилого жолоба, на якому розміщений металевий циліндр (мал. 5). Для рівноприскореного руху (за умови $v_0 = 0$), прискорення визначається із співвідношення $a = \frac{2s}{t^2}$, де s – модуль переміщення тіла за час t .



Мал. 5

Для виконання роботи необхідно:

- встановити жолоб під кутом $20 - 30^\circ$ до горизонту і розмістити на ньому металевий циліндр, задавши цим переміщення кульки s ;
- визначити час руху кульки t по жолобу від початкового положення до циліндра. Дослід провести кілька разів і визначити середнє значення часу t_c ;
- визначити прискорення кульки $a_{\text{досл.}}$;
- визначити абсолютні похибки прямих вимірювань, відносно й абсолютну похибку вимірювань прискорення;
- вказати діапазон можливих значень прискорення.

Обробка результатів експерименту

1. $s =$ _____ $t_1 =$ _____ $t_2 =$ _____

$t_3 =$ _____ $t_4 =$ _____ $t_5 =$ _____

2. $t_c =$

3. $a_{\text{досл.}} =$

4. Абсолютні похибки прямих вимірювань:

$$\Delta_B t = \frac{|t_1 - t_c| + \dots + |t_n - t_c|}{n} =$$

$$\Delta s = \Delta_i s + \Delta_B s =$$

$$\Delta t = \Delta_i t + \Delta_B t =$$

5. Відносна похибка вимірювань (для обчисленого прискорення):

$$\varepsilon = \frac{\Delta s}{s} + 2 \frac{\Delta t}{t} =$$

6. Абсолютна похибка вимірювань (з формули $\varepsilon = \frac{\Delta a}{a_{\text{досл.}}}$):

$$\Delta a =$$

7. Результат досліджень: $a = a_{\text{досл.}} \pm \Delta a =$

8. Діапазон, в якому знаходиться значення прискорення:

$$[a = a_{\text{досл.}} - \Delta a ; a = a_{\text{досл.}} + \Delta a]$$

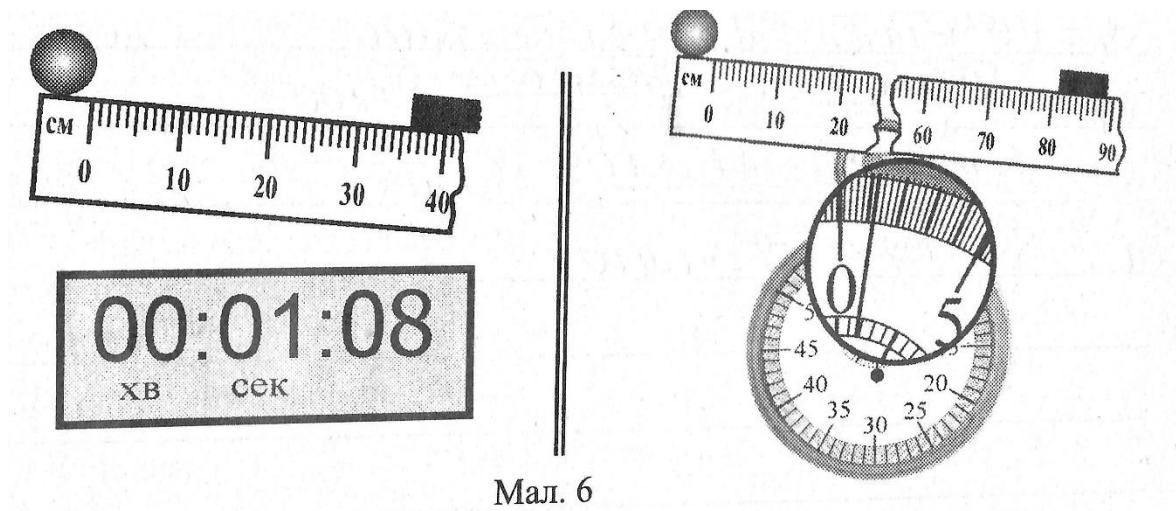
9. Таблиця результатів:

№ п/п	s, м	Δs , м	t, с	t_c , с	Δt , с	$a_{\text{досл.}}, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	$\Delta a, \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$	$[a = a_{\text{досл.}} - \Delta a ; a = a_{\text{досл.}} + \Delta a]$ $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Висновок: _____

Контрольні завдання

1. На шкалах вимірних приладів (мал.6) відображені результати вимірювань в одному з дослідів, проведеному учнем при виконанні експериментальної роботи. Використовуючи ці результати, визначте модуль переміщення кульки s , часу руху t , прискорення руху кульки a , відносну та абсолютну похибки вимірювань та діапазон, в якому знаходиться значення прискорення.



а) $s =$ _____ б) $t =$ _____

в) $\Delta s =$ _____

г) $\Delta t =$ _____

д) $a =$ _____

е) $\varepsilon =$ _____

є) $\Delta a =$ _____

ж) $[a - \Delta a ; a + \Delta a]$

2. Початкова швидкість руху лижника зі схилу довжиною становить . По схилу він рухається з прискоренням протягом часу t_1 і в кінці схилу набуває швидкості . Маючи на горизонтальній ділянці початкову швидкість , він проїхав з прискоренням відстань протягом часу t_2 і зупинився. Використовуючи дані, наведені в таблиці, визначте невідомі величини у варіанті, вказаному вчителем.

№ вар.	s_1 , м	v_0 , м/с	a_1 , м/с ²	t_1 , с	v , м/с	s_2 , м	a_2 , м/с ²	t_2 , с
1.		2	0,5	8		18		
2.		3	0,2				0,4	20
3.	100			10		64	2	
4.	120		0,1		7			7
5.		1		8	9	81		
6.	18			12	8		0,2	

Запитання для усного заліку

1. Який рух називають рівноприскореним?
2. Запишіть формули, які описують рух тіла, що рухається рівноприскорено без початкової швидкості та рух цього ж тіла, що має початкову швидкість v_0 .
3. Як відносяться переміщення, які здійснює тіло під час рівноприскореного руху за будь-які рівні інтервали часу, якщо початкова швидкість дорівнює нулю?
4. Як напрямлене прискорення вільного падіння і яке його значення біля поверхні Землі?
5. Тіло кинули вертикально вгору з поверхні Землі. Порівняти час піднімання і падіння тіла. Розгляньте рух без врахування і з врахуванням опору повітря.

Лабораторна робота №2

Визначення коефіцієнта тертя ковзання

Мета: навчитися визначати коефіцієнт тертя ковзання різними способами.

Обладнання: брусок прямокутної форми, лінійка, трибометр, олівець.

Хід і результати роботи

Характеристика засобів вимірювання

1. Інструментальна похибка лінійки _____

2. Межа похибки відліку шкали лінійки _____

Спосіб 1

Опис установки та ідея досліджень

Для визначення коефіцієнта тертя можна використати похилу площину (мал. 7). Якщо брусок покласти на неї і повільно піднімати її верхній кінець, то можна зафіксувати значення кута α , за якого брусок починає ковзати, рухаючись після цього рівномірно.

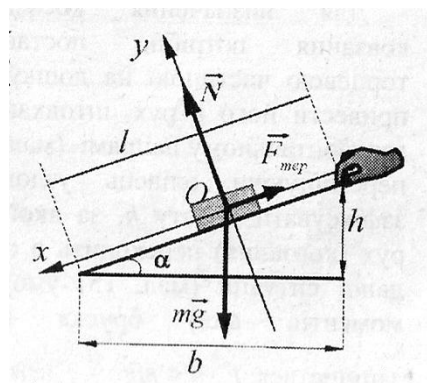
Умова рівноваги бруска для даного кута в проекціях на координатній осі запишеться так:

$$Ox: mg \sin \alpha - F_{\text{тер}} = 0,$$

$$Oy: N - mg \cos \alpha = 0.$$

Враховуючи, що $F_{\text{тер}} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$, одержимо $mg \sin \alpha = \mu mg \cos \alpha$.

Звідси $\mu = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \tan \alpha = \frac{h}{b}$, де h – висота утвореної похилої площини, b – довжина її основи.



Мал. 7

Обробка результатів експерименту

1. $h =$ _____ $b =$ _____

2. $\mu_{\text{досл.}} =$ _____

3. Абсолютні похибки прямих вимірювань:

$$\Delta h = \Delta_i h + \Delta_b h =$$

$$\Delta h = \Delta_i b + \Delta_b b =$$

4. Відносна похибка вимірювань:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta b}{b} =$$

5. Абсолютна похибка вимірювань (з формули $\varepsilon = \frac{\Delta\mu}{\mu_{\text{досл.}}}$):

$$\Delta\mu =$$

6. Результат досліджень: $\mu = \mu_{\text{досл.}} \pm \Delta\mu =$

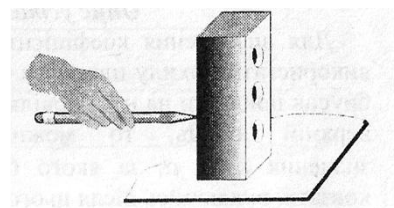
7. Діапазон, в якому знаходяться значення коефіцієнта тертя:

$$[\mu_{\text{досл.}} - \Delta\mu; \mu_{\text{досл.}} + \Delta\mu] \underline{\hspace{10cm}}$$

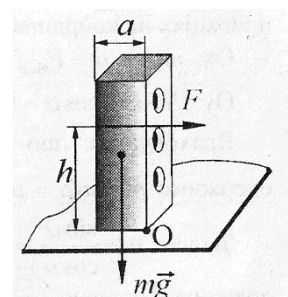
Спосіб 2

Опис установки та ідеї досліджень

Для визначення коефіцієнта тертя ковзання потрібно поставити брусок торцевою частиною на дошку трибометра і привести його в рух, штовхаючи олівцем у горизонтальному напрямі (мал. 8). Повільно переміщуючи олівець уздовж вертикалі, зафіксувати висоту h , за якої поступальний рух (ковзання) переходить в обертвий. Для даної ситуації (мал. 9) умова рівноваги (рівність моментів сил) бруска відносно точки O запишеться: $F \cdot h = mg \cdot \frac{a}{2}$, де a – ширина бруска.



Мал. 8



Мал. 9

Враховуючи, що за даних умов у горизонтальному напрямі $F = F_{\text{тер.}} = \mu N = \mu mg$, одержимо: $\mu mgh = \frac{mga}{2}$. Звідси $\mu = \frac{a}{2h}$.

Обробка результатів експерименту

1. $h = \underline{\hspace{2cm}}$ $a = \underline{\hspace{2cm}}$

2. $\mu_{\text{досл.}} =$

3. Абсолютні похибки прямих вимірювань:

$$\Delta h = \Delta_j h + \Delta_B h =$$

$$\Delta a = \Delta_j a + \Delta_B a =$$

4. Відносна похибка вимірювань:

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} + \frac{\Delta a}{a} =$$

5. Абсолютна похибка вимірювань (з формули $\varepsilon = \frac{\Delta\mu}{\mu_{\text{посл}}}$):

$$\Delta\mu =$$

6. Результат досліджень: $\mu = \mu_{\text{досл.}} \pm \Delta\mu =$

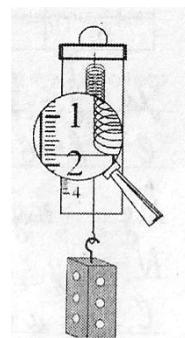
7. Діапазон, в якому знаходиться значення коефіцієнта тертя:

$$[\mu_{\text{досл.}} - \Delta\mu; \mu_{\text{досл.}} + \Delta\mu]$$

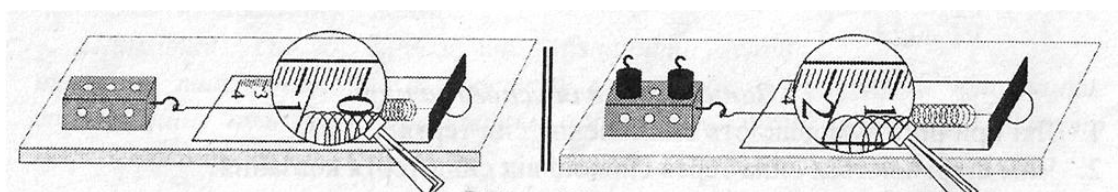
Висновок: _____

Контрольні завдання:

1. Визначаючи коефіцієнт тертя, учень виміряв вагу бруска P (мал. 10) та силу тертя $F_{\text{тер.}}$ (мал. 11). За результатами досліджень визначте коефіцієнт тертя μ , відносну та абсолютну похибки вимірювань і діапазон, в якому знаходиться значення коефіцієнта тертя (тягарці у варіанті 2 по 1 Н).



Мал. 10



a) $P =$ _____

6) $F_{\text{тер.}} =$ _____
$$\text{B) } \Delta P =$$

г) $\Delta F_T =$

д) $\mu =$

е) $\varepsilon =$

є) $\Delta\mu =$

ж) $[\mu - \Delta\mu; \mu + \Delta\mu]$

2. Лижник масою m спускається з гори довжиною l , висотою h і довжиною основи b з прискоренням a за час t , набувши біля підніжжя швидкості v_0 . Коефіцієнт тертя при русі по снігу μ , сила тертя F . Використовуючи числові дані, наведені в таблиці, визначте значення невідомих величин у варіанті, вказаному вчителем.

№ вар.	m , кг	l , м	h , м	b , м	a , м/с ²	t , с	v_0 , м/с	μ	F , Н
1.	70	20	12					0,03	
2.	60	10		8		2			
3.		15	9				13		31
4.	80		15	20	5,7				
5.	90	15		12					28
6.	50			8				0,05	20

Запитання для усного заліку

1. Які причини зумовлюють виникнення сил тертя?
2. Чим відрізняється сила тертя спокою від силу тертя ковзання?
3. Що характеризує коефіцієнт тертя?
4. Наведіть приклад, коли сила тертя, прикладена до тіла, може збільшувати його швидкість.
5. Коли висипати на горизонтальну поверхню сухий пісок (цукор), то він набере форми гірки у вигляді конуса. Яких значень може набути кут, що утворює конічна поверхня з горизонтальною площиною?

Лабораторна робота №3

Дослідне підтвердження закону Бойля-Маріотта

Мета: експериментально підтвердити, що для даної маси газу за незмінної температури добуток тиску на об'єм є величиною сталою.

Обладнання: скляна трубка, закрита з одного кінця, скляний циліндр (пластиковою пляшкою), барометр (один на клас), лінійка.

Хід і результати роботи

Табличні дані

1. Густина води _____ 2. Тиск 1 мм.рт.ст. $\approx$ 133 Па

Ідея досліджень

Для експериментальної перевірки закону Бойля-Маріотта необхідно виміряти параметри газу, який знаходиться у скляній трубці для двох станів, і здійснити перевірку рівності $p_1 V_1 = p_2 V_2$.

I стан

Трубка не занурена у воду

- $p_1 = p_a$, де p_a – атмосферний тиск;
- $V_1 = S \cdot l_1 = l_1$ (ум. од.), де l_1 – довжина стовпчика повітря (оскільки площа поперечного перерізу трубки S скрізь однакова, то числове значення l_1 можна прийняти за значення V_1 в умовних одиницях об'єму).
Тоді $C_1 = p_1 \cdot V_1 = p_a \cdot l_1$ (ум. од.).

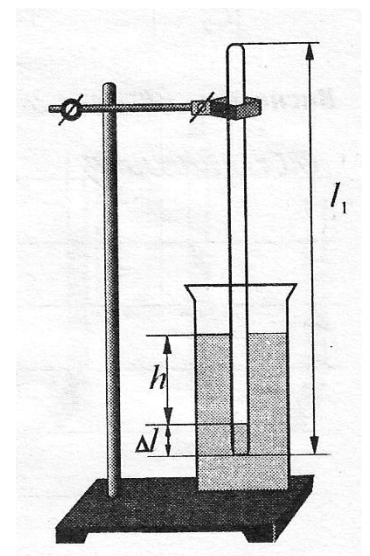
II стан

Трубка занурена відкритим кінцем у циліндр з водою (мал. 12).

- $p_2 = p_a + \rho g h$, де ρ – густина води, h – різниця рівнів води в посудині й у трубці;
- $V_2 = S \cdot l_2 = (l_1 - \Delta l)$ (ум. од.), де Δl – висота стовпчика води, яка зайшла в трубку. Тоді $C_2 = p_2 \cdot V_2 = (p_a + \rho g h) \cdot (l_1 - \Delta l)$ (ум. од.);
- Здійснити достовірність експериментальної перевірки рівності $C_1 = C_2$.

Обробка результатів експерименту

1. $p_a =$ _____ $l_1 =$ _____
2. $h =$ _____ $\Delta l =$ _____



Мал. 12

3. Добутки тисків на об'єм для двох станів

$$C_1 =$$

$$C_2 =$$

4. Оцінка достовірності експериментальної перевірки:

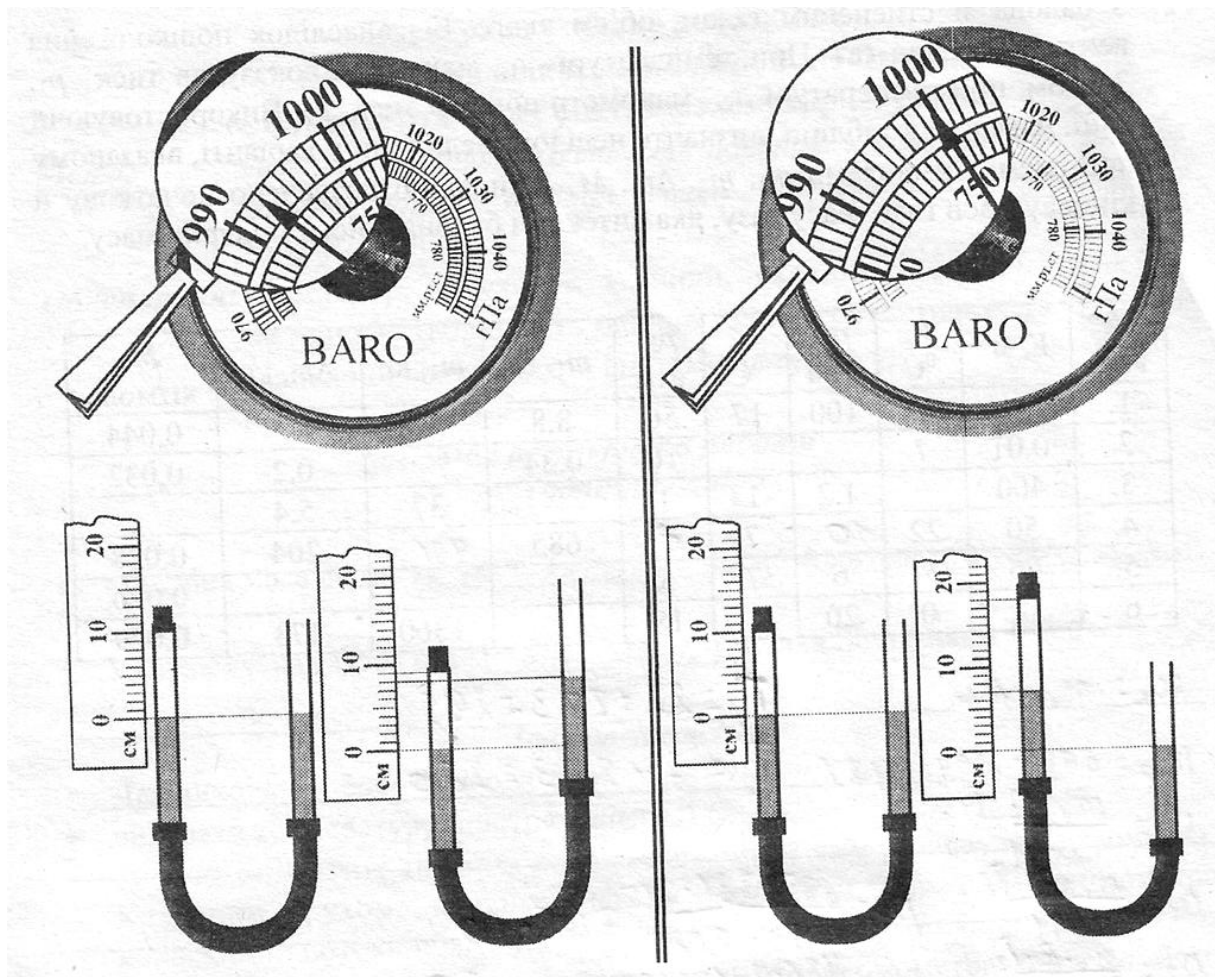
$$\varepsilon = \left| \frac{C_1}{C_2} - 1 \right| \cdot 100\% =$$

Висновок: _____

Контрольні запитання

1. В одному з дослідів підтвердження закону Бойля-Маріотта експериментатор з'єднав дві скляні й гумову трубки, як показано на малюнку 13, і налив у них ртуть (І стан). Закривши одну трубку корком, він змінював об'єм повітря в ній, опускаючи або піднімаючи відкриту трубку (ІІ стан). Використовуючи малюнок (лінійку, покази барометра та положення ртуті в трубках), визначте:

	Перший стан	Другий стан
Об'єм повітря в закритій трубці $V_1 = l_1$, ум.од.		
Тиск повітря в закритій трубці p , Па		
$C = p \cdot V$, ум.од.		



Мал. 13

Оцінка достовірності експериментальної перевірки:

2. З балона зі стисненим газом, об'єм якого V , внаслідок пошкодження вентиля витікає газ. При температурі t_1 манометр показував тиск p_1 . Згодом, при температурі t_2 , манометр показав тиск p_2 . Використовуючи дані, наведені в таблиці, визначте невідомі величини у варіанті, вказаному вчителем. Символами m_1 , m_2 , Δm , M відповідно позначено

початкову й кінцеву маси газу, масу газу, яка витекла з балона, і його молярну масу.

№ вар.	$V, \text{ м}^3$	$t_1, \text{ } ^\circ \text{ С}$	$p_1, \text{ атм}$	$t_2, \text{ } ^\circ \text{ С}$	$p_2, \text{ атм}$	$m_1, \text{ кг}$	$m_2, \text{ кг}$	$\Delta m, \text{ кг}$	$M, \text{ кг/моль}$
1.		27	100	17	50	8,8			0,044
2.	0,01	7			10	0,34		0,2	0,032
3.	400		1,2	-13	1		37	5,4	
4.	50	22		7		685		204	0,028
5.	75	27	6	7	5				0,026
6.		0	20		18		1360	173	0,029

Запитання для усного заліку

1. Чому у даній роботі рекомендують трубку в руках не тримати?
2. Як записується рівняння стану ідеального газу?
3. Як з рівняння стану ідеального газу одержати часткові закони: Бойля-Маріотта, Гей-Люссака, Шарля?
4. Які процеси називають ізотермічними, ізохорними, ізобарними?
5. Які умови для теплових процесів називають нормальними? Чому дорівнює значення температури і тиску газу за нормальних умов?

Лабораторна робота №4
Визначення відносної вологості повітря
та фундаментальних сталих молекулярної фізики

Мета: визначити відносну вологість повітря, концентрацію молекул водяної пари у повітрі, сталу Больцмана та універсальну газову сталу.

Обладнання: термометр, шматочок тканини, склянка з водою, психрометрична таблиця і таблиці залежності тиску та густини насиченої водяної пари від температури.

Хід і результати роботи
Табличні дані

1. Молярна маса води _____ 2. Число Авогадро _____
3. Універсальна газова стала _____ 4. Стала Больцмана _____

Ідея досліджень

Для виконання роботи необхідно:

- виміряти температуру повітря в кімнаті t_c ;
- змочивши шматок тканини водою, обгорнути ним резервуар термометра. Коливним рухом аркуша паперу утворити навколо термометра конвекційні потоки повітря;
- зафіксувати значення температури вологого термометра t_v , коли його покази перестануть змінюватися;
- використовуючи психрометричну таблицю або емпіричну формулу $\varphi = \frac{t_v}{t_c}(100^\circ\text{C} - 4(t_c - t_v))$, визначити відносну вологість повітря φ ;
- скориставшись таблицею залежності тиску і густини насиченої пари від температури, визначити тиск насиченої пари p_n при температурі, яка відповідає показам сухого термометра;
- використовуючи формулу $\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%$, обчислити тиск водяної пари p при даній температурі;
- скориставшись цією ж таблицею, визначити значення густини водяної пари ρ , яка відповідає знайденому тиску p ;
- знайти концентрацію молекул n_0 , враховуючи, що $\rho = m_0 \cdot n_0$, а $m_0 = \frac{M}{N_A}$, де m_0 – маса молекули водяної пари, M – молярна маса води,
 N_A – число Авогадро;
- з рівняння $p = n_0 \cdot k \cdot T$ визначити сталу Больцмана, а з рівняння

$p = \frac{\rho}{M}RT$ – універсальну газову сталу, де T – температура повітря в кельвінах.

Обробка результатів експерименту

1. $t_c =$ _____ $T_c =$ _____ $t_B =$ _____

2. $\varphi =$ _____

3. $p_H =$ _____

4. $p =$ _____

5. $\rho =$ _____

6. $n_0 =$ _____

7. $k =$ _____

8. $R =$ _____

9. Оцінка точності визначення стало Больцмана:

$$\varepsilon = \frac{|k_{\text{табл.}} - k|}{k_{\text{табл.}}} \cdot 100\% =$$

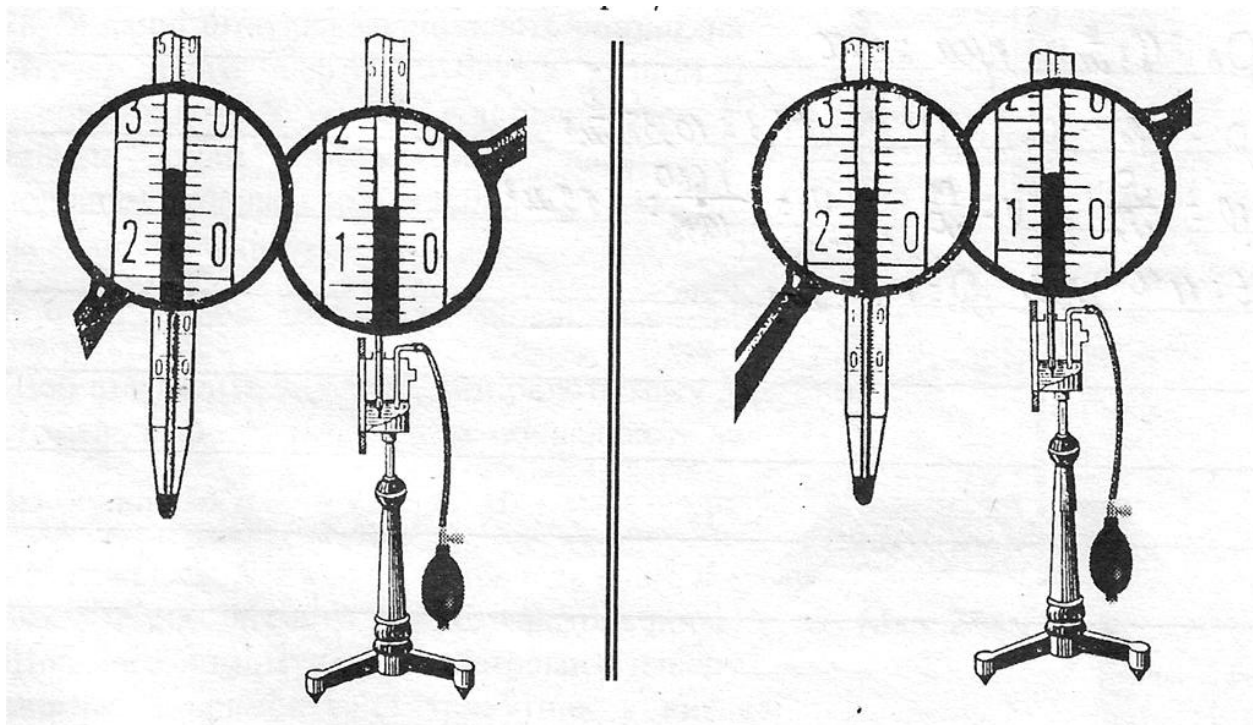
10. Оцінка точності визначення універсальної газової сталої:

$$\varepsilon = \frac{|R_{\text{табл.}} - R|}{R_{\text{табл.}}} \cdot 100\% =$$

Висновок: _____

Контрольні завдання

1. При визначенні відносної вологості повітря учень виміряв температуру повітря в класі t , налив у конденсаційний гігрометр спирт, занурив у нього термометр і, продуваючи повітря гумовою грушею (для інтенсивнішого випаровування), зафіксував температуру t_p в момент появи роси на дзеркальній передній стінці гігрометра (мал. 14). Використовуючи результати експерименту, відображені на шкалах приладів і таблиці залежності густини насиченої пари від температури, визначте густину ρ_0 насиченої пари за даної температури в кімнаті, густину водяної пари в повітрі ρ , відносну вологість повітря φ .



мал. 14

а) $t =$ _____

б) $t_p =$ _____

в) $\rho_0 =$ _____

г) $\rho =$ _____

д) $\varphi =$ _____

2. У кімнаті об'ємом V при температурі t_0 знаходиться водяна пара, маса якої m_0 , а густина ρ . Відносна вологість повітря за даних умов φ_0 . Після пониження температури до t конденсувалося Δm пари, а відносна вологість стала φ . Використовуючи таблиці залежності тиску та густини насиченої пари від температури і дані, наведені в таблиці, визначте невідомі величини у варіанті, вказаному вчителем.

№ вар.	$V, \text{ м}^3$	$t_0, ^\circ\text{C}$	$m_0, \text{ кг}$	$\rho, \text{ г/м}^3$	$\varphi_0, \%$	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta m, \text{ кг}$	$\varphi, \%$
1.	225	20			80	15		
2.	200	23		17,25		22		
3.			2,8	15,5	80		0,6	
4.		20	1,66		60		0	67
5.		18	1,6	10,7		12	0	
6.	100			12,2	90		0,3	

Запитання для усного заліку

1. Що характеризують відносна й абсолютна вологість повітря?
2. Як визначають відносну й абсолютну вологість повітря?
3. Як змінюється відносна вологість повітря в кімнаті, якщо різниця показів сухого і вологого термометра зменшується? збільшується?
4. Чи може відносна вологість бути вищою ніж 100%? рівною 0%?
5. Вкажіть способи переведення ненасиченої пари в стан насичення.

Лабораторна робота №5

Визначення ЕРС і внутрішнього опору джерела струму

Мета: ознайомитися з одним із методів визначення ЕРС і внутрішнього опору джерела струму та визначити їх значення.

Обладнання: джерело струму, амперметр, вольтметр, реостат, ключ, з'єднувальні провідники.

Хід і результати роботи

Характеристика засобів вимірювання

1. Інструментальна похибка:

амперметра _____ вольтметра _____

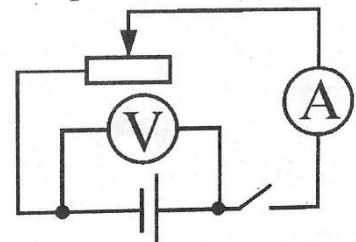
2. Межа похибки відліку:

шкали амперметра _____ шкали вольтметра _____

Ідея досліджень

Оскільки ЕРС джерела струму дорівнює різниці потенціалів між його клемми за відсутності струму, то напругу на клеммах джерела, яка виміряна вольтметром з опором значно більшим за внутрішній опір джерела струму, можна вважати за ЕРС.

Внутрішній опір джерела струму можна визначити на основі закону Ома для повного кола, вимірявши напругу та силу струму на зовнішній ділянці кола при замкнутому ключі.



Мал. 15

Оскільки $I = \frac{\varepsilon}{R+r}$, то $r = \frac{\varepsilon - IR}{I} = \frac{\varepsilon - U}{I}$.

Для виконання роботи необхідно:

- скласти електричне коло за схемою(мал. 15);
- зняти показники вольтметра, коли коло розімкнуте, вимірявши таким чином електрорушійну силу ε ;
- замкнути коло і, знявши покази вольтметра U та амперметра I , обчислити внутрішній опір r джерела струму;
- визначити відносну та абсолютну похибку вимірювань.

Обробка результатів експерименту

1. Значення фізичних величин

$\varepsilon =$ _____ $U =$ _____ $I =$ _____

2. $r =$

3. Абсолютні похибки прямих вимірювань

$$\Delta I = \Delta_i I + \Delta_v I =$$

$$\Delta \varepsilon = \Delta U = \Delta_i U + \Delta_v U =$$

4. Відносна похибка при вимірюванні ЕРС: $\varepsilon = \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon} =$

5. Відносна похибка вимірювань (для обчисленого внутрішнього опору):

$$\varepsilon = \frac{\Delta \varepsilon + \Delta U}{\varepsilon - U} + \frac{\Delta I}{I} =$$

6. Абсолютна похибка при визначенні внутрішнього опору (з формули

$$\varepsilon = \frac{\Delta r}{r_{\text{досл}}}): \quad \Delta r =$$

7. Результати досліджень: $\varepsilon = \varepsilon_{\text{досл}} \pm \Delta \varepsilon =$

$$r = r_{\text{досл}} \pm \Delta r =$$

8. Діапазон, в якому знаходиться значення ЕРС:

$$[\varepsilon = \varepsilon_{\text{досл}} - \Delta \varepsilon ; \varepsilon = \varepsilon_{\text{досл}} + \Delta \varepsilon]$$

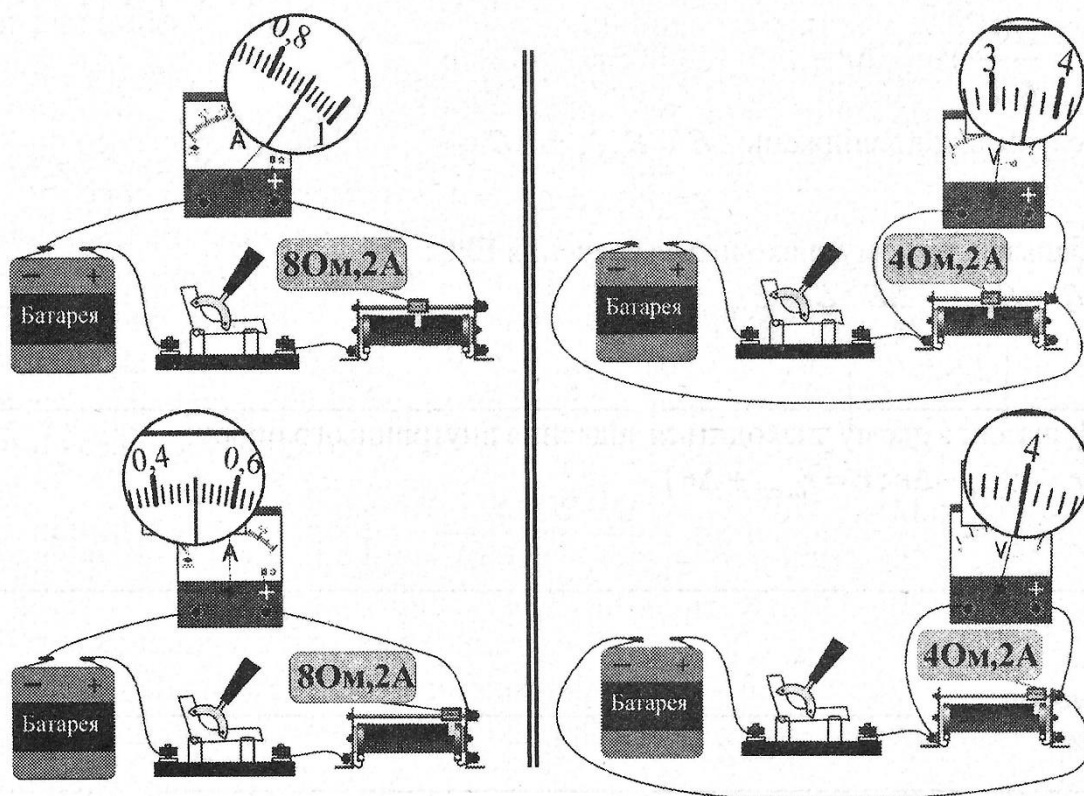
9. Діапазон, в якому знаходиться значення внутрішнього опору:

$$[r = r_{\text{досл}} - \Delta r ; r = \varepsilon r_{\text{досл}} + \Delta r]$$

Висновок: _____

Контрольні завдання

1. Для визначення ЕРС і внутрішнього опору батарейки учень склав електричне коло (мал. 16). Замкнувши ключ, він зняв показники вимірювального приладу при двох різних положеннях повзунка реостата: посередині і в крайньому правому положенні. Використовуючи результати вимірювань, зображених на шкалах приладів, визначте для двох випадків опір реостата R_1 та R_2 і силу струму I_1 та I_2 (напругу U_1 та U_2). Підставивши ці значення у закон Ома для повного кола, записаного у формі $\varepsilon = IR + Ir$ або $\varepsilon = U + \frac{U}{R}r$, визначте ЕРС ε і внутрішній опір r батарейки:



Мал. 16

$R_1 =$ _____ $I_1 =$ _____

$R_2 =$ _____ $I_2 =$ _____

$R_1 =$ _____ $U_1 =$ _____

$R_2 =$ _____ $U_2 =$ _____

2. Якщо до джерела струму ЕРС $\mathcal{E}$ і внутрішнім опором r під'єднати зовнішній опір R , в колі проходить струм I . Напруга на затискачах джерела струму U . Струм короткого замикання за даних умов $I_{к.з.}$. Використовуючи дані, наведені в таблиці, визначте невідомі величини у варіанті, вказаному вчителем.

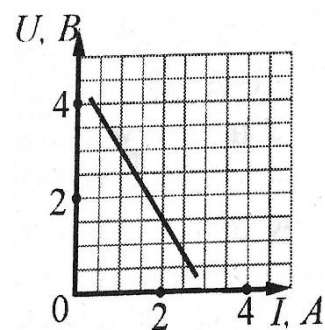
№ вар.	$\mathcal{E}$, В	r , Ом	R , Ом	I , А	U , В	$I_{к.з.}$, А
1	5	0,5	2			
2		1		1,5	7,5	
3				1,2	9,6	6
4			4	0,6		3
5	24	3			18	
6	4,5		3			3

Запитання для усного заліку

1. Який фізичний зміст електрорушійної сили джерела струму?
2. Сформулюйте закон Ома для повного кола.
3. За яких умов ЕРС джерела струму практично дорівнює показам вольтметра, під'єданого до його клем?

4. Що таке "коротке замикання"?

5. На малюнку 17 зображено залежність напруги U на зовнішній ділянці електричного кола від сили струму I . Використовуючи екстраполяцію графічної залежності, вказати на графіку значення ЕРС і струму короткого замикання.



Мал. 17

Лабораторна робота №6

Визначення довжини світлової хвилі

Мета: визначити довжину хвилі світла лазерного проміння та енергію кванта індукованого випромінювання за допомогою дифракційної ґратки.

Обладнання: світлова указка, дифракційна ґратка, лінійка, мірна стрічка, екран.

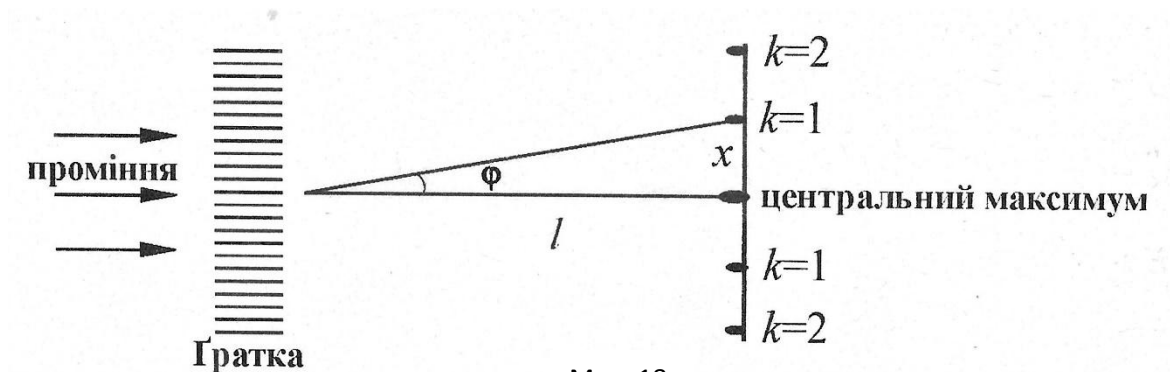
Хід і результат роботи

Характеристика обладнання і табличні дані

1. Період дифракційної ґратки _____
2. Стала Планка _____
3. Швидкість поширення світла у вакуумі _____

Ідея досліджень

Енергія фотона пропорційна частоті випромінювання ν : $E = h\nu$, де h - стала Планка. Частота випромінювання пов'язана з довжиною хвилі λ співвідношенням $\nu = \frac{c}{\lambda}$, де c – швидкість поширення світла у вакуумі. Тоді $E = h \frac{c}{\lambda}$.



Мал. 18

Довжину хвилі випромінювання λ можна визначити за допомогою дифракційної ґратки з відомим періодом. З умови максимуму для дифракційної ґратки (мал. 18): $\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k}$, де d – період ґратки, k – порядок максимуму, φ – кут, під яким спостерігається максимум вибраного порядку. Оскільки кут φ є незначним, його синус можна замінити тангенсом: $\sin \varphi \approx \tan \varphi = \frac{x}{l}$, де x – зміщення максимуму вибраного порядку від центрального, l – відстань від дифракційної ґратки до екрана.

Для виконання роботи необхідно:

- скласти вимірювальну установку, розмістивши ґратку паралельно до екрана на відстані $l = 1 - 1,5$ м від нього (екраном може бути стіна);
- спрямувати лазерний промінь на ґратку і виміряти відстань центральним максимумом і максимумом першого порядку (можна виміряти відстань між двома максимумами першого порядку по обидва боки від центрального і розділити на два);
- виміряти відповідно відстані x_2 та x_3 між центральним максимумом максимумами другого і третього порядків;
- обчислити середнє значення довжини хвилі випромінювання Асі енергію світлового кванта E .

Примітка: похибка в роботі не оцінюється, оскільки випромінювання даних лазерів не є суцільно монохроматичним, внаслідок чого немає повної чіткості у виборі максимуму на екрані.

Обробка результатів експерименту

1. $l =$ _____ $x_1 =$ _____ $x_2 =$ _____ $x_3 =$ _____

2. $\lambda_1 =$

$\lambda_2 =$

$\lambda_3 =$

$\lambda_c =$

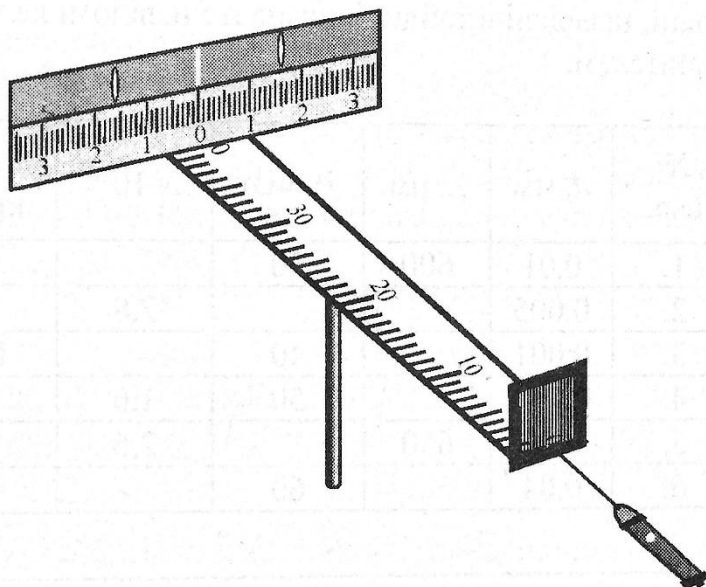
3. $E =$

Висновок: _____

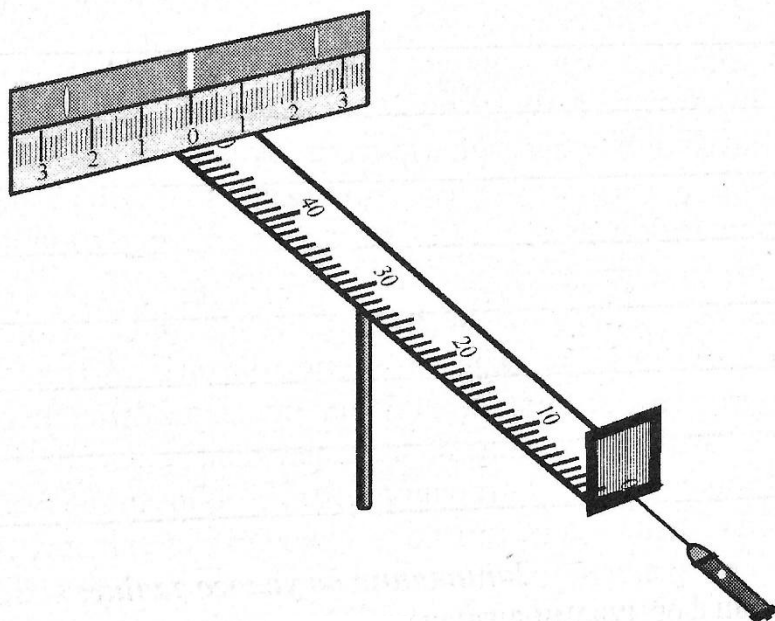
Контрольні запитання

1. На дифракційну ґратку, що має 100 штрихів на 1 мм і розміщена на відстані l від екрана спрямували монохроматичне світло (мал. 19). Спектр першого порядку отримали на відстані x від центра екрану. Використовуючи результати експерименту, визначте довжину хвилі випромінювання λ .

1 варіант



2 варіант



Мал. 19

а) $d =$ _____

б) $l =$ _____

в) $k =$ _____

г) $x =$ _____

а) $\lambda =$ _____

2. На дифракційну ґратку, період якої d , спрямували монохроматичне світло з довжиною хвилі λ від рубінового лазера, що працює в безперервному режимі. При потужності P протягом 1 с лазер випромінює N фотонів, кожен з яких має імпульс p . На екрані, віддаленому від решітки на відстань l , зміщення максимуму k порядку становить x . Використовуючи дані, наведені в таблиці, визначте невідомі величини у варіанті, вказаному вчителем.

№ вар.	d , мм	λ , нм	P , мВт	$N \cdot 10^{16}$	$p \cdot 10^{-27}$ кг·м/с	l , м	k	x , см
1.	0,01	600	30			1	3	
2.	0,005			7,8		1,5	2	37,2
3.	0,001		40		1,05	0,5		31,5
4.			50	1,6		1,5	1	9,6
5.	0,02	650		2,6			2	2,6
6.	0,04		60			2	3	10

Запитання до усного заліку:

1. За якими формулами визначаються енергія та імпульс фотона?
2. Яке світло називають монохроматичним?
3. Що таке період дифракційної ґратки?
4. Яка умова максимуму для дифракційної ґратки?
5. Як змінюється картина дифракційного спектра, коли екран віддаляти від ґратки? коли ґратку з повітря перенести у воду?
6. Чим відрізняється випромінювання лазера від випромінювання лампи розжарення?

Лабораторна робота №7

Дослідження треків заряджених частинок за фотографіями

Мета: оцінити напрям руху частинок, порівняти їх кінетичні енергії та модуль заряду, ідентифікувати частинки та визначити напрям індукції магнітного поля, в якому вони рухаються.

Хід і результати роботи

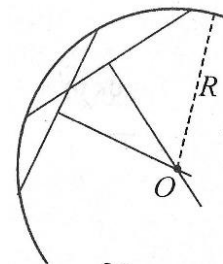
Теоретичні відомості

Рухомі заряджені частинки втрачають енергію на іонізацію і збудження атомів середовища, в якому вони рухаються. Іонізована речовина навколо траєкторії руху є візуально видимою (в камері Вільсона, бульбашковій камері) або стає видимою після спеціальної обробки (фотоємультівний метод). Слід рухомої зарядженої частинки в середовищі називають треком. За треком частинки можна оцінити важливі її параметри (масу, заряд, енергію, швидкість і напрям руху) або закономірності і характер ядерних реакцій, які відбулися в середовищі (синтез, розпад).

Для "читання" треку є ряд правил:

1. Довжина треку (пробіг частинки) залежить від її кінетичної енергії та густини середовища, в якому вона рухається.
2. За однакових умов трек товстіший у тієї частинки, заряд якої більший.
3. Якщо частинки мають однаковий заряд, то трек товстіший у тієї, яка повільніше. Оскільки при русі швидкість частинки зменшується, її слід кінці треку товстіший.

4. Якщо частинка рухається в магнітному полі, то на неї з боку поля діє сила Лоренца $\vec{F}_L$, модуль якої дорівнює: $F_L = qBv \sin \alpha$ (1), де B - модуль індукції магнітного поля, v - модуль швидкості руху частинки, q - заряд частинки, α - кут між напрямком швидкості руху частинки і напрямком індукції магнітного поля. Під дією цієї сили частинка рухається по криволінійній траєкторії з доцентровим прискоренням $a = \frac{v^2}{R}$ (2), де R - радіус кривизни треку частинки. Згідно з другим законом Ньютона $qBv = \frac{mv^2}{R}$ (3) або $\frac{q}{m} = \frac{v}{BR}$ (4), де $\frac{q}{m}$ - питомий заряд частинки.

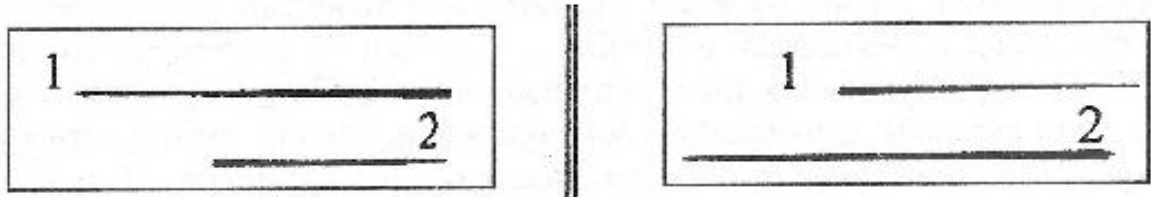


5. Щоб визначити радіус кривизни треку будують дві хорди і до них проводять серединні перпендикуляри (мал. 20). На перетині перпендикулярів лежить центр кола. Його радіус вимірюють лінійкою.

6. Якщо в магнітне поле влітають дві частинки з однаковою швидкістю, то записавши рівняння (4) для кожної з них і поділивши одне рівняння на інше, отримують: $\frac{\frac{q_1}{m_1}}{\frac{q_2}{m_2}} = \frac{R_2}{R_1}$

Оцінка напрямку руху, порівняння енергій, швидкостей руху та модуля заряду частинок

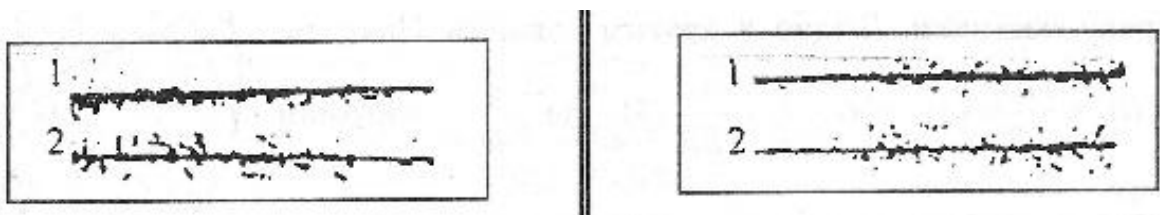
1. На малюнку 21 відображено копії негативів фотографій треків двох протонів у фотоемульсії. Розглянути малюнок і вказати:



- характерні особливості і відмінності треків(довжина і зміна товщини);

- напрям руху протонів(→чи←); _____
- співвідношення між кінетичними енергіями(знак >, < чи =); E_1 _____ E_2

2. Дві рухомі заряджені частинки(I варіант – ядра атомів Кальцію та Феруму, II варіант – ядра атомів Магнію та Калію) у бульбашковій камері залишили трек, частина якого зображена на фотографії (мал. 22). Розглянути малюнок і, враховуючи що початкові швидкості руху частинок були однаковими, вказати:



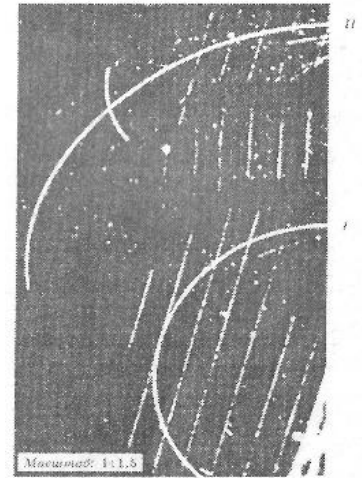
- характерні особливості і відмінності треків;

- напрям руху частинок (→чи←); _____
- співвідношення між модулями зарядів(знак >, < чи =); q_1 _____ q_2

- ядрам яких атомів належать треки 1 і 2? _____

3. У бульбашковій камері, яка розміщена в однорідному магнітному полі, зафіксовано треки двох позитивно заряджених частинок, які влетіли в камеру з однаковою швидкістю (мал. 23).

- розглянути треки і вказати напрям руху частинок та напрям індукції магнітного поля;
- чому радіус кривизни змінюється від початку до кінця пробігу?
- використовуючи рівність (5), вказати яким частинкам відповідають треки, якщо відомо, що одна з них протон, друга - α -частинка.

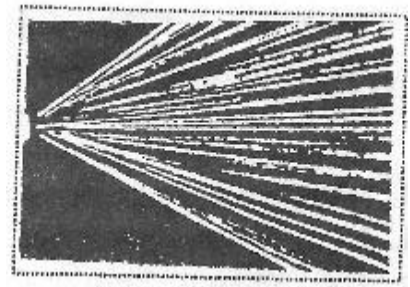


Мал. 23

Контрольні завдання

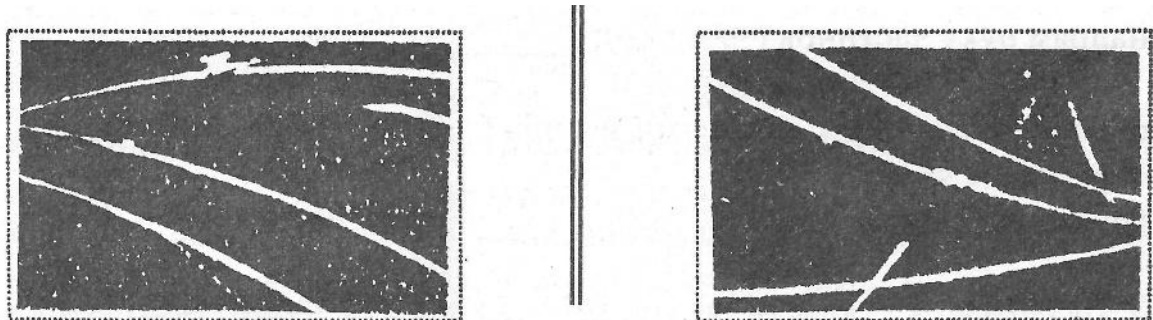
1. На малюнках 24, 25 зображено фотографії треків α -частинок у камері Вільсона.

а) вкажіть, чим відрізняються умови зйомок треків (мал. 24 і мал. 25);



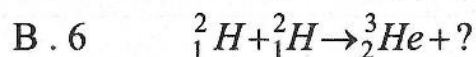
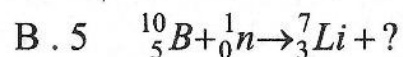
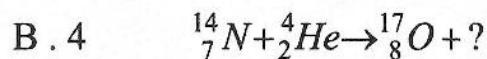
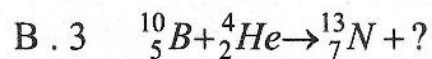
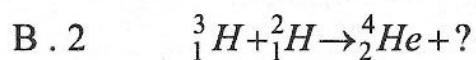
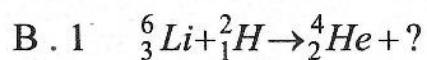
Мал. 24

б) визначте за малюнком 25 напрям руху α -частинок і напрям індукції магнітного поля



Мал. 25

2. Допишіть рівняння реакції та визначте її енергетичний вихід у варіант, вказаному вчителем.



Запитання для усного заліку

1. Чому треки частинок в наявній роботі є дугами криволінійних траєкторій?
2. Чому і як змінюється кривизна траєкторії даної частинки від початку до кінця пробігу?
3. Чому треки частинок мають різну товщину?
4. Чому товщина треку частинки збільшується від початку до кінця пробігу?
5. Що називають питомим зарядом частинки?

Лабораторна робота №8

Спостереження інтерференції та дифракції світла

Мета: навчитися аналізувати спостережувані явища.

Обладнання: мильний розчин, пластикова трубочка або дротяна рамка, дві скляні пластинки, кольорові олівці, джерело світла (лампочка з прямою ниткою розжарення), штангенциркуль (два півлеза бритви, з'єднаних клейкою стрічкою), капронова стрічка, CD диск.

Хід і результати роботи

Спостереження інтерференційної картини на тонких плівках

1. Видути мильну бульбашку на кінці трубочки або утворити мильну плівку на дротяній рамці, опустивши і вийнявши відповідно трубочку або рамку з мильного розчину.
2. Спостерігати у відбитому світлі по мірі зменшення товщини плівки (внаслідок стікання води під дією сил тяжіння) утворення її райдужного забарвлення і вказати:
 - а) в якому місці (зверху, посередині, знизу) і який колір з'явився першим;

- б) послідовність зміни кольору плівки певному місці;

- в) забарвлення плівки у певний момент часу (послідовність чергування кольорів від верхньої до нижньої частини плівки).

Спостереження інтерференційної картини від повітряного клину

1. Старанно протерти дві скляні пластинки, скласти їх разом і стиснути між собою пальцями.
2. Спостерігати утворення на темному фоні інтерференційної картини у відбитому світлі та вказати:
 - а) який вигляд має інтерференційна картина;

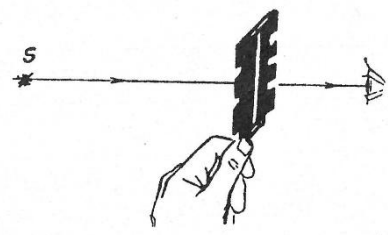
б) яких змін зазнає інтерференційна картина при збільшенні тиску на пластини.

3. Замалювати наближено форму інтерференційної картини, дотримуючись чергування кольорів від її центра (малюнок виконати в кольорі або схематично, вказавши колір відповідними символами - ч, о, ж, з, г, с, ф);

Спостереження дифракційної картини від щілини

Розглядаючи нитку розжарення лампи через вузьку щілину, утворену між двома півлезами бритви (мал. 26) або ніжками штангенциркуля, спостерігати утворення світлих та темних смуг і вказати:

а) кількість темних і світлих смуг при даних розмірах щілини;



Мал. 26

б) які зміни відбуваються при наближенні (віддаленні) щілини до ока;

в) чи змінюється кількість темних і світлих смуг при збільшенні і зменшенні розмірів щілини?

Спостереження дифракційної картини від капронової стрічки

Розглядаючи нитку розжарення лампи через капронову стрічку, спостерігати утворення дифракційної картини. Пояснити спостережуване явище.

Спостереження дифракційної картини від CD диску

Подивитися під невеликим кутом на світло від лампочки, котре відбилося від CD диску. Пояснити спостережуване явище.

Контрольні завдання

1. Колір мильної бульбашки (плівки) з часом змінюється. Який колір з'явиться у верхній та нижній частинах бульбашки (плівки) на місці...
...зеленого? || ...жовтого?

2. Від двох когерентних джерел в деяку точку екрана падає світло, довжина хвилі якого λ , частота ν . Різниця ходу променів Δd і в ній вміщується n півхвиль. Використовуючи дані, наведені в таблиці, визначте невідомі величини у варіанті, вказаному вчителем. Який

результат інтерференції в цій точці (максимум, мінімум, проміжне значення)?

№ вар.	λ , нм	ν , Гц	Δd , мкм	n	результат інтерференції
1.	500		4,25		
2.		$6 \cdot 10^{14}$	2,5		
3.	750			6	
4.			1,52	4	
5.		$3,75 \cdot 10^{14}$		5	
6.	600		1,35		

Запитання для усного заліку

1. У чому полягає суть явищ інтерференції світла?
2. У чому полягає суть явища дифракції світла?
3. За яких умов може відбуватися інтерференція світла?
4. За яких умов може відбуватися дифракція світла?
5. Коли спостерігаються максимуми та мінімуми інтерференційної картини?
6. Які хвилі є когерентними?

Зміст

Інструкції з безпеки під час проведення експериментальних робіт.....	4
Лабораторна робота №1.....	10
Лабораторна робота №2.....	14
Лабораторна робота №3.....	18
Лабораторна робота №4.....	22
Лабораторна робота №5.....	26
Лабораторна робота №6.....	30
Лабораторна робота №7.....	34
Лабораторна робота №8.....	38

Список використаної літератури:

Фізика і астрономія [Текст]: Методичні вказівки до практичних занять для здобувачів освітньо-кваліфікаційного рівня фаховий молодший бакалавр денної форми навчання /уклад. Л.І. Серeda – Ковель: ВСП «КПЕФК Луцького НТУ», 2021. – 49 с.

Комп'ютерний набір і верстка: Серeda Л.І.

Редактор: Серeda Л.І.

Підп. до друку _____ 2021. Формат 60х84/16.Папір офс. Гарн. Таймс.
Ум. друк. арк.3,4.
Обл.-вид. арк. 7,4. Тираж _____ прим. Зам.188.

ВСП «Ковельський промислово-економічний фаховий коледж
Луцького національного технічного університету»
45000 м. Ковель, вул. Заводська, 23
Друк – ВСП «КПЕФК Луцького НТУ»