

*МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА УКРАЇНИ*  
*МИКОЛАЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ*

Бацуровська І. В.

**ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО  
НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФАХОВИХ ДИСЦИПЛІН АГРАРНОЇ  
ГАЛУЗІ**

**для студентів інженерних спеціальностей**

Методичний посібник

Миколаїв 2012

УДК: 378.14

ББК: 74.6

Методичний посібник підготувала:

Бацуровська І.В.

Рецензенти:

Самойленко О.М. к.п.н, доцент

Кошкін Д.Л. к.т.н., доцент

Практичне застосування технології дистанційного навчання при вивченні фахових дисциплін аграрної галузі. Метод. посіб. / Бацуровська І.В. – Миколаїв: «МДАУ», 2012. – 177 с.

Методичний посібник призначений для студентів інженерних спеціальностей вищих аграрних навчальних закладів. Посібник містить практичні завдання з фахових дисциплін, які побудовані на основі застосування технології дистанційного навчання. Завдання поділені на три рівня: початковий, достатній та високий. Виконання завдань включає в себе роботу в мережі Інтернет, з комп'ютерними програмами, аудіо та відео засобами. / Уклад.: [І. В. Бацуровська] – Миколаїв: МДАУ, 2012.

Друкується згідно з рішенням методичної ради факультету механізації сільського господарства Миколаївського державного аграрного університету протокол № 8 від 26.04.2012 р.

© Миколаївський державний аграрний університет

## Зміст

Вступ.....	6
Теоретична механіка.....	9
Завдання для початкового рівня .....	9
Завдання для достатнього рівня .....	10
Завдання для високого рівня .....	12
Механіка матеріалів і конструкцій.....	14
Завдання для початкового рівня .....	14
Завдання для достатнього рівня .....	15
Завдання для високого рівня .....	16
Гідравліка та водопостачання.....	19
Завдання для початкового рівня .....	19
Завдання для достатнього рівня .....	20
Завдання для високого рівня .....	23
Основи електропостачання та електроприводу.....	25
Завдання для початкового рівня .....	25
Завдання для достатнього рівня .....	26
Завдання для високого рівня .....	28
Апарати керування і захисту.....	30
Завдання для початкового рівня .....	30
Завдання для достатнього рівня .....	31
Завдання для високого рівня .....	34
Електричне освітлення та опромінення.....	36
Завдання для початкового рівня .....	36
Завдання для достатнього рівня .....	37
Завдання для високого рівня .....	39
Автоматичні системи керування.....	41
Завдання для початкового рівня .....	41
Завдання для достатнього рівня .....	42
Завдання для високого рівня .....	44

Фізика: Будова атома.....	46
Завдання для початкового рівня .....	46
Завдання для достатнього рівня .....	47
Завдання для високого рівня .....	48
Хімія: Атомне ядро.....	50
Завдання для початкового рівня .....	50
Завдання для достатнього рівня .....	51
Завдання для високого рівня .....	52
Глосарій.....	54
Література.....	70
Рекомендована література.....	71
Додатки.....	73
Додаток 1.....	73
Додаток 2.....	76
Додаток 3.....	79
Додаток 4.....	82
Додаток 5.....	85
Додаток 6.....	88
Додаток 7.....	91
Додаток 8.....	94
Додаток 9.....	98
Додаток 10.....	101
Додаток 11.....	104
Додаток 12.....	110
Додаток 13.....	114
Додаток 14.....	118
Додаток 15.....	122
Додаток 16.....	127
Додаток 17.....	131
Додаток 18.....	136

Додаток 19.....	139
Додаток 20.....	144
Додаток 21.....	176
Додаток 22.....	149
Додаток 23.....	155
Додаток 24.....	160
Додаток 25.....	166
Додаток 26.....	174
Додаток 27.....	175
Додаток 28.....	176

## Вступ

Інформатизація освіти в Україні - один з найважливіших механізмів, що зачіпає основні напрямки модернізації освітньої системи. Сучасні інформаційні технології відкривають нові перспективи для підвищення ефективності освітнього процесу. Змінюється сама парадигма освіти. Велика роль надається методам активного пізнання, самоосвіті, дистанційним освітнім програмам.

Інформаційне суспільство вимагає майбутніх фахівців «нового мислення та дій», інноваційних та альтернативних підходів, продуктивної діяльності в групах, професійної та географічної мобільності, і як наслідок, систематичного і ефективного навчання протягом всього життя. Фахівець майбутнього має відповідати чотирьом наступним «освітнім» критеріям, а саме: вміти «вчитися, щоб знати», «вчитися, щоб діяти», «вчитися, щоб жити разом», а головне «вчитися, щоб жити». Це ті принципи освіти, які проголосила у своєму звіті організація ЮНЕСКО [1].

За результатами дослідження, що проводилось Європейською комісією та передбачало визначення нових способів отримання освіти та підвищення кваліфікації в Європі у 2020-2030 рр., експерти визначили такі прогнози:

- відкрите навчання за допомогою Інтернету стане традиційною формою отримання освіти;
- мобільні Інтернет-пристрої стануть основним інструментом для навчання;
- паперові книжки будуть замінені електронним мультимедійним контентом;
- багатокористувацькі віртуальні світи будуть робити непотрібним фізичне відвідування шкіл та університетів;
- відкриті освітні ресурси будуть широко застосовуватися всіма суб'єктами навчального процесу;

- спільнота не буде покладатися на експертів з якості знань та навчальних програм, а буде просуватися у напрямку якісних знань, підтверджених за допомогою Інтернет-ресурсів;
- системи та послуги будуть розроблятися з метою забезпечення групового взаємного навчання серед зацікавлених учнів та студентів;
- блоги та інші мультимедійні матеріали, розміщені в Інтернеті, будуть признаватися як «законні» публікації для вчених;
- віртуальна мобільність зламає бар'єри між національними системами освіти;
- персональні середовища навчання будуть заміщати існуючі середовища віртуального навчання тощо [2].

Враховуючи зазначені тенденції та перспективи розвитку освіти можна сформулювати одне із основних завдань сучасної освіти – запровадження дистанційної технології навчання. Це забезпечить надання повної, якісної, швидкої освіти для людини в найкоротший проміжок часу. Головною перевагою технології дистанційного навчання перед іншими існуючими методами навчання є те, що вона дозволяє навчатись у будь-якому місті і у будь-який час.

Масове розповсюдження портативних та надійних, дешевих і економічних високопродуктивних пристроїв (ноутбуків, нетбуків, комунікаторів, планшетних комп'ютерів тощо), що постійно підключені до Інтернету підвищують можливість використання дистанційної технології. Так як, сьогодні мобільні телефони, через кілька років ці пристрої будуть доступні кожному. Невеликий розмір переносних пристроїв, високоякісний екран та низьке енергоспоживання, рукописне та голосове введення\виведення даних, вільне використання графічних, аудіо- та відеоданих поруч з текстовими, постійний широкосмуговий доступ до комп'ютерної мережі – все це черговий раз змінить традиційний стиль роботи з інформаційними даними, а отже і з навчальними матеріалами та методами роботи з ними.

Застосування технології дистанційного навчання при вивченні фізики майбутніми інженерами засноване на сучасних інформаційних і комунікаційних технологіях навчання. Ефективність застосування технології дистанційного навчання при вивченні фізики заснована на тому, що студенти самі відчувають необхідність подальшого вивчення дисципліни, а не піддаються тиску з боку. Вони мають можливість роботи з навчальними матеріалами в такому режимі й обсязі, який підходить безпосередньо їм. Ефект у значній мірі залежить від того, наскільки регулярно займається студент. Послідовне виконання контрольних завдань, а також підтримка у всіх питаннях з боку викладача-координатора забезпечує планомірне засвоєння знань з фізики.

Найбільш важливими компонентами технології дистанційного навчання є: створення практичних ситуацій під час навчального процесу, можливість проявити себе, самореалізуватися, чіткість організації навчального процесу, індивідуального підходу. Найменш важливими: участь у науково-дослідній роботі, можливість "показати себе".

Впроваджуючи в процес вивчення фізики технологію дистанційного навчання, можна значно підвищити якість знань студентів інженерних спеціальностей з дисципліни, зробити навчальний процес більш гнучким, стимулювати студентів до самостійної роботи. Саме ці технології передбачають широке використання дослідницьких, проблемних методів застосування отриманих знань з фізики у спільній або індивідуальній діяльності, розвиток не тільки самостійного критичного мислення, а й культури спілкування, вміння виконувати різні соціальні ролі у спільній інженерній діяльності.



## Теоретична механіка

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного електронного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

1. Значення обертового руху в сільському господарстві.
2. Використання третього закону Ньютона в сільському господарстві.
3. Особливості розрахунку швидкостей сільськогосподарських машин.
4. Вплив гравітації на живі організми.
5. Пружні властивості біологічних матеріалів.
6. Історія розвитку теоретичної механіки.
7. Зв'язок теоретичної механіки з рухом людини.
8. Особливості геліоцентричної системи світу.
9. Розрахунок міцності машини.

*Вимоги до оформлення реферативних робіт:*

- *обсяг:* 2-4 сторінки;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля:* ліве, праве – 2 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 14 пт;
- *інтервал* – 1;
- *рисунки та фотографії* подаються у форматі JPEG.

*Слово “Таблиця” та номер таблиці* розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх

появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал. Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферату переслати його по електронній адресі: referat@i.ua, в темі листа указавши номер модуля і прізвище, у листі указати тему реферативної роботи, або завантажити його у бібліотеку студента у віртуально-навчальному середовищі.

2) Підготувати доповідь для участі у мініконференції у тематичному форумі на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет з наступних тематик:

- Закони Ньютона у природі та техніці.
- Значення сили тяжіння в аграрній галузі.
- Біологічний матеріал та його пружні властивості.
- Відомі вчені, що зробили внесок у теоретичну механіку.

3) Підготувати власні висновки та основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF , Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Реактивний рух у природі.
- Енергія та обмін речовин.
- Чат-консультація з теми «Механіка матеріальної точки».

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника” (додаток 1) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення модуля Юнга при згині стержня” (додаток 2) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

6) Побудувати графік залежності  $F$  – сили, прикладеної до середини стержня, від  $f$  - середнього значення стріли прогину при навантаженні і розвантаженні до лабораторної роботи “Визначення модуля Юнга при згині стержня” (додаток 2) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

7) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення модуля Юнга при розтязі дроту” (додаток 3) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel з точністю до 0,00001.

8) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Стандарти одиниць вимірювання
- Особливості гравітаційного поля,
- Види деформацій,
- Значення енергії для обміну речовин,
- Основні параметри криволінійного руху.

*Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від семи до десяти.
2. Перший слайд обов’язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.

5. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Cyr. Інтервал краще використовувати одинарний;

### **Завдання для високого рівня**

- 1) Розробити віртуальні лабораторні роботи з наступних тематик:
  - 1) Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника (див. додаток 1)
  - 2) Визначення модуля Юнга при згині стержня (див. додаток 2).
  - 3) Визначення модуля пружності (модуль Юнга) при розтязі дроту (див. додаток 3)
- 2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторних робіт з наступних тематик:
  1. Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника (Додаток 1)
  2. Визначення модуля Юнга при згині стержня (Додаток 2).
  3. Визначення модуля пружності (модуль Юнга) при розтязі дроту (Додаток 3).
- 3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:
  1. Основні визначення кінематики.
  2. Основні визначення динаміки.
  3. Основні закони механіки.
  4. Гармонічні коливання.
  5. Енергія та обмін речовин.
  6. Гравітаційне поле та живі організми.
  7. Особливості механічної енергії.
  8. Вчені, які зробили внесок у теоретичну механіку.
  9. Особливості гіроскопії.

4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Кінематика руху матеріальної точки по колу.
- Центр мас та закон його руху.
- Інерціальні системи відліку.
- Види маятників.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Вічний двигун.
- Капілярні явища.
- Ареометр та принцип його дії.
- Коливання.
- Теорія польоту.
- Принципи найменшої дії.

## Механіка матеріалів і конструкцій

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

1. Вимірювання параметрів вітру.
2. Теорія пружності.
3. Методи вимірювання тиску в сільському господарстві.
4. Ультрацентрифугування.
5. Гемодинаміка.
6. Рух атмосферних частинок.
7. Особливості механіки матеріалів.
8. Особливості механічних конструкцій.

*Вимоги до оформлення реферативних робіт:*

- *обсяг:* 4-10 сторінок;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – альбомна;
- *поля:* ліве - 3, праве – 1,5 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 13 пт;
- *інтервал* – 1,5;
- *рисунки та фотографії* подаються у форматі JPEG.

*Слово “Таблиця” та номер таблиці* розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 14 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру

сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал. Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферату переслати його по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), в темі листа указавши номер модуля і прізвище, у листі указати тему реферативної роботи, або завантажити його у бібліотеку студента у віртуально-навчальному середовищі.

2) Підготувати доповідь для участі у мініконференції у тематичному форумі на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет з наступних тематик:

- Сила Коріоліса.
- Енергія хвиль.
- Філософія механіки Ньютона.
- Удари та деформації

3) Підготувати власні висновки та основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF , Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Хвилі у пружному середовищі.
- Швидкість поширення хвиль. Звук.
- Чат-консультація з теми «Механіка твердого тіла».

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи "Визначення моменту інерції маятника Обербека" (додаток 4) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel з точністю до 0,00001.

5) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення питомої ваги та густини твердого тіла” (додаток 5) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel з точністю до 0,0001.

6) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Додавання паралельних сил.
- Перетворення Галілея. Механічний принцип відносності.
- Перетворення Лоренця. Постулати спеціальної теорії відносності.
- Релятивістська динаміка. Взаємозв’язок маси та енергії.
- Методи вимірювання тиску.
- Седиментація.
- Метод флюїдизованої ванни
- Ультрацентрифугування.

*Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від десяти до чотирнадцяти.
2. Перший слайд обов’язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
5. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Cyr. Інтервал краще використовувати одинарний;

### **Завдання для високого рівня**

1) Розробити віртуальні лабораторні роботи з наступних тематик:

- Визначення моменту інерції маятника Обербека (додаток 4)
- Визначення питомої ваги та густини твердого тіла (додаток 5)



2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторних робіт з наступних тематик:

- Визначення моменту інерції маятника Обербека (додаток 4)
- Визначення питомої ваги та густини твердого тіла (додаток 5)

4) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіозаписи для підготовки до наступних тем (додаток 26):

- Густина та питома вага. Вимірювання густини в сільському господарстві.
- Умови рівноваги тіл на похилій площині.
- Поступальний та обертальний рух твердого тіла.
- Основні поняття гідродинаміки.
- Теорія пружності.
- Центр тяжіння тіла.

5) Підготувати аудіовізуальні записи з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних (додаток 27):

Диференціальне рівняння вимушених коливань і його розв'язання. Резонанс.

- Доцентрова та відцентрова сили.
- Реактивний двигун.
- Залежність прискорення вільного падіння від широти та висоти над поверхнею Землі.
- Рух тіла кинутого під кутом до горизонту.
- Перенесення точки прикладання сили в твердому тілі.
- Стійка та нестійка рівновага тіл

б) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Гідродинаміка ідеальної рідини.
- Гідродинаміка в'язкої рідини.
- Інтерорецепція.
- Ламінарна і турбулентна течії.
- Динаміка обертового руху.

## Гідравліка та водопостачання

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

1. Використання вакууму в сільському господарстві.
2. Використання шкали Кельвіна.
3. Застосування зріджених газів для сільського господарства.
4. Кріогенна техніка і її використання в сільському господарстві.
5. Значення поверхневого натягу для сільського господарства.
6. Застосування термодинамічної шкали температур.

*Вимоги до оформлення реферативних робіт:*

- *обсяг:* 1-2 сторінки;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля:* ліве, праве – 2 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 12 пт;
- *інтервал* – одинарний;
- *рисунки та фотографії* подаються у форматі JPEG.

*Слово “Таблиця” та номер таблиці* розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал.

Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

*Вимоги до оформлення реферативних робіт:*

- *обсяг:* 1-2 сторінки;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля:* ліве, праве – 2 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Cyr, розмір шрифту – 12 пт;
- *інтервал* – одинарний;
- *рисунок та фотографії* подаються у форматі JPEG.

Слово “Таблиця” та номер таблиці розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал. Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферативної роботи переслати її по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), зазначивши в темі листа прізвище, номер групи. У листі продублювати тему реферативної роботи.

2) Підготувати текст доповіді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-

навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для участі у мініконференції у тематичному форумі з теми:

- Ізопроееси у природі та техніці,
- Основне положення МКТ в аграрній галузі,
- Сублімація в сільському господарстві.
- Тиск в природі.

3) Підготувати власні висновки, основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Випаровування та конденсація.
- Характеристики вологості повітря.
- Теплове розширення тіл.
- Перенесення маси.
- Чат консультація з теми «Молекулярна фізика та термодинаміка».

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Вивчення коефіцієнта в'язкості рідини методом Стокса” (додаток 6) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення коефіцієнта поверхневого натягу методом відриву краплі” (додаток 7) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

6) Виконати розрахунки відносної та абсолютної вологості повітря до лабораторної роботи “Визначення вологості атмосферного повітря” (додаток 8) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

7) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення коефіцієнта Пуассона газу методом адіабатичного розширення ” (додаток 9) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

8) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Вимірювання коефіцієнта лінійного розширення металу” (додаток 10) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

9) На основі отриманих розрахунків до лабораторної роботи “Вимірювання коефіцієнта лінійного розширення металу” (додаток 10) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності видовження провідника  $\Delta l$  від кількості теплоти при проходженні струму через нього.

5) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Використання вакууму в сільському господарстві.
- Зріджені гази у сільському господарстві.
- Особливості використання криогенної техніки в сільському господарстві.
- Значення поверхневого натягу для сільського господарства.
- Вплив вологості повітря на живі організми, використання цього явища в сільськогосподарському господарстві.
- Практичне застосування капілярності в сільському господарстві.
- Деформації в сільському господарстві.

*Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від дев'яти до дванадцяти.
2. Перший слайд обов'язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
5. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Суг. Інтервал краще використовувати одинарний;

## Завдання для високого рівня

1) Розробити віртуальні лабораторні роботи з наступних тематик:

- Визначення коефіцієнта в'язкості методом Стокса (додаток 6).
- Визначення коефіцієнта поверхневого натягу (додаток 7).
- Визначення вологості повітря (додаток 8).
- Визначення відношень молярних теплоємностей повітря при адіабатичному розширенні (додаток 9).
- Визначення коефіцієнта лінійного розширення твердих тіл (додаток 10).

2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторних робіт з наступних тематик:

- Визначення коефіцієнта в'язкості методом Стокса (додаток 6).
- Визначення коефіцієнта поверхневого натягу (додаток 7).
- Визначення вологості повітря (додаток 8).
- Визначення відношень молярних теплоємностей повітря при адіабатичному розширенні (додаток 9).
- Визначення коефіцієнта лінійного розширення твердих тіл (додаток 10).

3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:

- Основні положення молекулярно-кінетичної теорії. Приклади технологічних явищ, які вона пояснює.
- Ідеальний та реальний газ.
- Ізопроееси в природі.
- Теплове розширення тіл
- Обґрунтування законів термодинаміки та їх застосування.

- Кристалізація, випаровування та сублімація в сільському господарстві.
- Температура атмосфери.
- Застосування капілярних явищ в сільському господарстві.

4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Осмос.
- Методи вимірювання вологості повітря.
- Ентальпія. Закон Гесса.
- Вимірювання температури.
- Цикл Карно.
- Тепловий двигун.
- Явища перенесення.
- Теорема Пригожина.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Вічний двигун.
- Капілярні явища.
- Тепловий двигун.
- Нерівноважна термодинаміка.



## Основи електропостачання та електроприводу

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного електронного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

- Електричні прилади в сільському господарстві.
- Іоносфера.
- Блискавки.
- Полярні саява.
- Термоелектричні явища.
- Діелектрична проникненість середовища.
- Енергія зарядженого конденсатора.
- Застосування правил Кірхгофа.

Вимоги до оформлення реферативної роботи:

- *обсяг*: до 5 сторінок;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля*: ліве, праве – 1 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Cyr, розмір шрифту – 14 пт;
- *інтервал* – одинарний;
- *рисунки та фотографії* подаються у форматі JPEG.

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал.

Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферативної роботи переслати його по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), зазначивши в темі листа прізвище, номер групи. У листі продублювати тему реферативної роботи.

2) Підготувати текст доповіді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для участі у мініконференції у тематичному форумі з теми:

- Надпровідність.
- Термоелектронна емісія.
- Електричний струм в рідинах.
- Електричний струм в газах

3) Підготувати власні висновки, основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Особливості напівпровідників та застосування їх у сільському господарстві.
- Типи провідності та їх особливості.
- Чат-консультація з теми «Електричний струм»

4) За даними, що отримані при прямих вимірюваннях в процесі виконання лабораторної роботи “Розширення меж вимірювання електровимірювальних приладів” (додаток 11) Побудувати градуировочні графіки  $n(U)$  та  $n(I)$  залежності за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення опору методом мостової схеми” до 0,0001 (додаток 12) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

6) Виконати розрахунки до лабораторної роботи до 0,00001 “Дослідження термоелектрорушійної сили термопари” (додаток 13) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

7) На основі розрахункових значень  $E_{сер}$  до лабораторної роботи “Дослідження термоелектрорушійної сили термопари” (додаток 13) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel. Побудувти графік залежності функції  $A = f(T_i - \theta_0)$ . На осі абсцис зазначити різниці температур, а на осі ординат –  $E_{сер}$  в мікрвольтах.

8) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Класична електронна теорія електропровідності металів та її дослідне обґрунтування.
- Закон Відемана-Франца. Недоліки класичної теорії провідності металів.
- Струм в газах.
- Плазма.
- Енергія електростатичного поля. Густина енергії.
- Електропровідність електролітів.
- Атомна структура електрики.
- Досліди Йоффе, Міллікена.

*Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від дев’яти до дванадцяти.
2. Перший слайд обов’язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.

5. Рисунки та схематичне зображення має містити короткі пояснення.
6. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Cyr. Інтервал краще використовувати одинарний.

### **Завдання для високого рівня**

- 1) Розробити віртуальні лабораторні роботи з наступних тематик:
  - Розширення меж вимірювання електровимірювальних приладів (додаток 11).
  - Визначення опору методом мостової схеми (додаток 12).
  - Дослідження термоелектрорушійної сили термопари (додаток 13).
- 2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторних робіт з наступних тематик:
  - Розширення меж вимірювання електровимірювальних приладів (додаток 11).
  - Визначення опору методом мостової схеми (додаток 12).
  - Дослідження термоелектрорушійної сили термопари (додаток 13).
- 3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:
  - Основні поняття електрики.
  - Основні закони електрики.
  - Іоносфера.
  - Блискавки.
  - Полярні саява.
  - Електрофорез.
- 4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за

допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Біологічні потенціали.
- Техніка вимірювання мембранних струмів.
- Електрична активність серця.
- Електрична активність мозку.
- Рух зарядженої частинки в однорідному електричному полі.
- Термоелектричні явища.
- Енергія зарядженого конденсатора.
- Катодне проміння.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Самостійний розряд.
- Електроліз.
- Електричний струм в газах.
- Катодне проміння.
- Принцип дії конденсатора.
- Теплова дія електричного струму.

## Апарати керування і захисту

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

- Пристрій керування комплектний вибухозахищений КУУВ-500/500
- Пристрій керування комплектний вибухозахищений КУУВ-ВСП
- Пристрій плавного пуску комплектний вибухозахищений КУВПП-250М
- Пристрій керування комплектний вибухозахищений рудничний КУУВК-250
- Вимикач автоматичний АВ-400ДО4
- Джерело живлення шахтне модернізоване типу ИПШ–М
- Пускачі вибухозахищені рудничні ПВР-63Р, 125/160Р
- Джерела живлення шахтні типу ИПШ
- Пускачі вибухозахищені рудничні ПВР-250/315РТ
- Пускач рудничний вибухозахищений типу ПРВИ
- Пускач рудничний вибухозахищений типу ПРВИ-Р

Вимоги до оформлення рефератів:

- *обсяг*: 3-4 сторінки;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля*: ліве, праве – 2,5 см; верхнє – 2,5см, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 13 пт;
- *інтервал* – одинарний;
- *рисунок та фотографії* подаються у форматі JPEG.

Слово “Таблиця” та номер таблиці розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

Формули – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

Посилання на джерела в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал. Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферативної роботи переслати її по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), зазначивши в темі листа прізвище, номер групи. У листі продублювати тему реферативної роботи.

2) Підготувати текст доповіді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для участі у мініконференції у тематичному форумі з теми:

- Особливості електромагнітних коливань.
- Ефект Холла.
- Самоіндукція.
- Взаємоіндукція.
- Магнітне поле Землі.

3) Підготувати власні висновки, основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших

ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Принципи магнітографії.
- Прикладний магнетизм.
- Чат-консультація з теми «Електромагнетизм»

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення магнітного поля колового струму і визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля Землі” (додаток 14) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) На основі отриманих розрахунків до лабораторної роботи “Визначення магнітного поля колового струму і визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля Землі ” (додаток 14) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $B(I)$ .

6) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона” (додаток 15) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

7) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Вивчення ефекта Холла” (додаток 16) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

8) На основі отриманих розрахунків до лабораторної роботи “Вивчення ефекта Холла” (додаток 16) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel Побудувати графік залежності  $U(B)$ .

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Фізичні параметри біполярного транзистора” (додаток 20) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) На основі отриманих даних  $I_k$  та  $I_б$  у лабораторній роботі “Фізичні параметри біполярного транзистора” (додаток 20) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $I_k(I_б)$ .



6) На основі отриманих даних  $I_K$  та  $U_{ке}$  у лабораторній роботі “Фізичні параметри біполярного транзистора” (додаток 20) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $I_K (U_{ке})$ .

7) На основі отриманих даних  $U_{ке}$  та  $U_{бе}$  у лабораторній роботі “Фізичні параметри біполярного транзистора” (додаток 20) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $U_{ке} (U_{бе})$ .

8) На основі отриманих даних  $I_б$  та  $U_{бе}$  у лабораторній роботі “Фізичні параметри біполярного транзистора” (додаток 20) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $I_б (U_{бе})$ .

9) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Дослідження діодного оптрона” (додаток 21) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

10) На основі отриманих даних та розрахунків до лабораторної роботи “Дослідження діодного оптрона” (додаток 21) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графіки статичних характеристик:

1.а.) вхідної  $I_{вх} = f(U_{вх})$ ,

1.б.) вихідних  $I_{вих} = f(U_{вих})/I_{вх} = \text{const}$

1.в.) прямої передачі  $I_{вих} = f(I_{вх})/U_{вих} = \text{const}$ .

1.г.) графік  $E_{ф} = f(I_{вх})$ .

11) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Магнітне поле тороїда і довгого соленоїда.
- Магнітні моменти атомів. Атом в магнітному полі.
- Особливості діа- і парамагнетизму.
- Феромагнетики.
- Енергія електромагнітних хвиль.
- Вектор Пойнтінга.

### *Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від дев'яти до дванадцяти.
2. Перший слайд обов'язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. При використанні графічних значень надати короткі пояснення у слайдах.
5. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
6. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Cyr. Інтервал краще використовувати одинарний;

### **Завдання для високого рівня**

1) Розробити віртуальні лабораторні роботи з наступних тематик:

- Визначення магнітного поля колового струму і визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля Землі (додаток 14).
- Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона (додаток 15).
- «Фізичні параметри біполярного транзистора» (додаток 20).

2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторних робіт з наступних тематик:

- Визначення магнітного поля колового струму і визначення горизонтальної складової напруженості магнітного поля Землі (додаток 14).
- Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона (додаток 15).
- Фізичні параметри біполярного транзистора (додаток 20).

3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:

- Основні поняття електромагнетизму.
- Магнітне поле Землі.
- Резонанс напруг.
- Взаємозв'язок електричного і магнітного полів.
- Сила Лоренца.

4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Добування змінного електричного струму.
- Ефективне значення струму і напруги.
- Трансформатори.
- Передавання електроенергії на відстань.
- Явищу термоелектронної емісії
- Електроннопроменева трубка.
- Випрямляч на напівпровідниках.
- Електромагнітні коливання і хвилі.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Коливальний контур.
- Телебачення і радіолокація.
- Самоіндукція.
- Взаємоіндукція.
- Ефект Холла.

## Електричне освітлення та опромінення

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

- Окуляр-мікрометр і об'єкт мікрометр.
- Окулярний гвинтовий мікрометр.
- Методи спостереження інтерференції світла.
- Ефект Комптона.
- Сонячне випромінювання.
- Квантові властивості випромінювання.
- Вплив оптичного випромінювання видимого діапазону на живі організми.
- Теплові детектори.
- Квантові детектори.
- Застосування калориметричних методів.

Вимоги до оформлення реферативних робіт:

- *обсяг*: 4-7 сторінок;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля*: ліве, праве – 2,5 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 12 пт;
- *інтервал* – одинарний;
- *рисунок та фотографії* подаються у форматі JPEG.

Слово “Таблиця” та номер таблиці розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал. Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферативної роботи переслати її по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), зазначивши в темі листа прізвище, номер групи. У листі продублювати тему реферативної роботи.

2) Підготувати текст доповіді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для участі у мініконференції у тематичному форумі з теми:

- Поширення світла в природі.
- Особливості штучної оптичної анізотропії.
- Природне поляризоване світло.

3) Підготувати власні висновки, основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Особливості дифракції та дисперсії.
- Практичне застосування інтерференції світла.

- Чат-консультація з теми «Хвильові процеси. Геометрична та хвильова оптика».

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Аналіз характеристик сенсорів хвильового фронту” (додаток 22) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) Виконати розрахунки до лабораторної роботи «Поглинання інфрачервоного випромінювання атмосферою» (додаток 23) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

6) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Подвійне променезаломлення.
- Ефект Доплера.
- Метод зон Френеля. Прямолінійне поширення світла.
- Дифракція рентгенівського випромінювання.
- Електронна теорія дисперсії світла.
- Поглинання світла.
- Філософія електромагнітної теорії Максвелла.
- Принцип Ферма.
- «Ультрафіолетова катастрофа».

*Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від дев’яти до дванадцяти.
2. Перший слайд обов’язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
5. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Cyr. Інтервал краще використовувати одинарний.

## **Завдання для високого рівня**

1) Розробити віртуальні лабораторні роботи з тематики:

- Аналіз характеристик сенсорів хвильового фронту (додаток 22)
- Поглинання інфрачервоного випромінювання атмосферою (додаток 23)

2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторних робіт з тематик:

- Аналіз характеристик сенсорів хвильового фронту (додаток 22)
- Поглинання інфрачервоного випромінювання атмосферою (додаток 23)

3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:

- Основні поняття теми «Хвильові процеси. Геометрична та хвильова оптика».
- Особливості інтерференції світла та практичне застосування.
- Особливості дифракції світла.
- Електронна теорія дисперсії світла.
- Подвійне променезаломлення.

4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Когерентність та монохроматичність світлових хвиль.
- Оптична довжина шляху.
- Тиск світла. Дослід Лебедева.
- Основні поняття фотометрії.

- Методи спостереження інтерференції світла.
- Поляризація світла та методи його одержання.
- Закони випромінювання абсолютно чорного світла.
- Двоїста корпускулярно-хвильова природа світла.
- Фазова і групова швидкості світла.
- Дослід Йофе і Добронравова.
- Червоне зміщення в спектрах галактики.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Інтерференція світла.
- Дифракція світла.
- Дисперсія світла.
- Методи вимірювання сонячного випромінювання.
- Колориметрія.



## Автоматичні системи керування

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

- Розвиток вчення про будову речовини.
- Досліди Франка і Герца.
- Застосування фотоефекта.
- Спектр атому водню.

Вимоги до оформлення рефератів:

- *обсяг*: 3-5 сторінок;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля*: ліве, праве – 2 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 12 пт;
- *інтервал* – 1,5;
- *рисунок та фотографії* подаються у форматі JPEG.

*Слово “Таблиця” та номер таблиці* розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал. Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферативної роботи переслати її по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), зазначивши в темі листа прізвище, номер групи. У листі продублювати тему реферативної роботи.

2) Підготувати текст доповіді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для участі у мініконференції у тематичному форумі з теми:

- Фотосинтез та його роль в сільському господарстві.
- Особливості тиску світла.
- Теплове випромінювання.

3) Підготувати власні висновки, основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Одновимірною прямокутною потенціальна яма.
- Спін електрона.
- Чат-консультація з теми «Квантові властивості світла».

4) Виконати розрахунки середнього значення напруги  $U$  та опору  $R$  до лабораторної роботи “Дослідження залежності опору напівпровідників від температури” (додаток 17) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) На основі отриманих розрахунків до таблиці 1 лабораторної роботи “Дослідження залежності опору напівпровідників від температури” (додаток 17) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $R(U)$ .

6) Виконати розрахунки значення  $5,8 \cdot 10^{-3} / T$  і  $\ln R$  для всіх температур до лабораторної роботи “Дослідження залежності опору

напівпровідників від температури” (додаток 17) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

7) На основі отриманих розрахунків до таблиці 2 лабораторної роботи “Дослідження залежності опору напівпровідників від температури” (додаток 17) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $\ln R = f(5.8 \cdot 10^{-3} / T)$ .

8) Визначити опір фоторезистора  $R_{\phi}$  та світловий потік  $\Phi_{\pi}$  до лабораторної роботи “Внутрішній фотоефект у напівпровідниках” (додаток 18) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

10) На основі отриманих розрахунків до таблиці 1 лабораторної роботи “Внутрішній фотоефект у напівпровідниках” (додаток 18) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $I=f(\Phi_{\pi})$ .

11) На основі отриманих даних до таблиці 2 лабораторної роботи “Внутрішній фотоефект у напівпровідниках” (додаток 18) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графік залежності  $I=f(U)$ .

12) Виконати розрахунки до таблиці 1 лабораторної роботи “Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діоду” (додаток 19) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

13) На основі отриманих розрахунків до таблиці 1 лабораторної роботи “Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діоду” (додаток 19) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графіки залежності  $I_0 = f(U_d)$ ,  $R_{np} = f(U_d)$ .

14) Виконати розрахунки до таблиці 2 лабораторної роботи “Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діоду” (додаток 19) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

15) На основі отриманих розрахунків до таблиці 2 лабораторної роботи “Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діоду”

(додаток 19) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel побудувати графіки залежності  $I_{зв} = f(U)$ ,  $R_{зв} = f(U)$ .

16) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

1. Постулати Бора.
2. Фотосинтез.
3. Тиск світла.
4. Закон Планка.

*Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від дев'яти до дванадцяти.
2. Перший слайд обов'язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
5. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Суг. Інтервал краще використовувати одинарний;

### **Завдання для високого рівня**

1) Розробити віртуальні лабораторні роботи з наступних тематик:

- Дослідження залежності опору напівпровідників від температури (Додаток 17).
- Внутрішній фотоефект у напівпровідниках (Додаток 18).
- Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діоду (Додаток 19).

2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторних робіт з наступних тематик:

- Дослідження залежності опору напівпровідників від температури (Додаток 17).
- Внутрішній фотоефект у напівпровідниках (Додаток 18).

- Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діоду (Додаток 19).

3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:

- Основні поняття модуля «Квантові властивості світла».
- Моделі атома.
- Принцип Паулі.
- Нанотехнологія.
- Поглинання світла.
- Поляризація світла.
- Особливості фотосинтезу.

4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Фотоефект.
- Праці О. Г. Столетова.
- Фотоелементи та їх застосування.
- Природа світла.
- Закон Планка.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Моделі атома.
- Застосування фотоелементів.
- Природа світла.

## Фізика: Будова атома

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

- Явища, які підтверджують складну будову атома.
- Види радіоактивного випромінювання.
- Корпускулярно-хвильовий дуалізм.
- Хвильові властивості частинок.
- Лінійний гармонічний осцилятор.
- Скануючий тунельний мікроскоп.

Вимоги до оформлення рефератів:

- *обсяг*: 5-8 сторінок;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – альбомна;
- *поля*: ліве, праве – 2 см; верхнє, нижнє – 2,5 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 12 пт;
- *інтервал* – 1,5;
- *рисунок та фотографії* подаються у форматі JPEG.

*Слово “Таблиця” та номер таблиці* розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал.

Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферативної роботи переслати її по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), зазначивши в темі листа прізвище, номер групи. У листі продублювати тему реферативної роботи.

2) Підготувати текст доповіді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для участі у мініконференції у тематичному форумі з теми:

- Елементи квантової теорії.
- Особливості фотоелектричних приладів.

3) Підготувати власні висновки, основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF , Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Фізика атома.
- Нанотехнології.
- Чат-консультація з теми «Будова атома».

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи з теми «Вивчення серіальних закономірностей в спектрі випромінювання водню і визначення сталої Планка» (додаток 24)

5) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Хвилі де Бройля.
- Принцип Паулі.
- Квантові Генератори.

### *Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від дев'яти до дванадцяти.
2. Перший слайд обов'язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
5. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Сур. Інтервал краще використовувати одинарний;

### **Завдання для високого рівня**

1) Розробити віртуальну лабораторну роботу з тематики «Вивчення серіальних закономірностей в спектрі випромінювання водню і визначення сталої Планка».

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи з теми «Вивчення серіальних закономірностей в спектрі випромінювання водню і визначення сталої Планка» (додаток 24).

2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторної роботи з тематики «Вивчення серіальних закономірностей в спектрі випромінювання водню і визначення сталої Планка» (додаток 24).

3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:

- Основні поняття теми модуля «Будова атома».
- Квантова механіка.
- Квантові генератори.



4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Стационарне рівняння Шредінгера.
- Електронний мікроскоп.
- Спектри атомів і молекул.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію(додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Модель атома.
- Застосування лазерів.

## Хімія: Атомне ядро

### Завдання для початкового рівня

1) Написати реферативну роботу та опублікувати власні висновки до реферату у форумах чи чатах власного поштового сервісу або в умовах соціальних мереж (vkontakte.ru, facebook ) на одну із тем:

- Загальні властивості атомного ядра.
- Природна радіоактивність.
- Біологічна дія іонізуючого випромінювання.
- Космічне випромінювання.
- Особливості античастинок. Антиречовина.

Вимоги до оформлення рефератів:

- *обсяг*: 7-8 сторінок;
- *формат аркушу паперу* – А4;
- *орієнтація* – книжна;
- *поля*: ліве, праве – 2,5 см; верхнє, нижнє – 2 см;
- *шрифт* – Times New Roman Суг, розмір шрифту – 12 пт;
- *інтервал* – одинарний;
- *рисунок та фотографії* подаються у форматі JPEG.

*Слово “Таблиця” та номер таблиці* розташовується праворуч, а її заголовок – по центру (жирним шрифтом).

*Формули* – набираються в редакторі формул Equation шрифтом Times New Roman, звичайний символ – 12 пт, великий індекс – 8 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 14 пт, малий символ – 12 пт.

*Посилання на джерела* в тексті даються у квадратних дужках. Перше число вказує номер за переліком посилань, що даються згідно порядку їх появи в тексті, після коми дається друге число, яке відповідає номеру сторінки. Перелік посилань має назву "Список використаних джерел" і розташовується по центру після основного тексту через один інтервал.

Список використаних джерел оформляється відповідно до правил бібліографічного опису.

### **Завдання для достатнього рівня**

1) Після оформлення реферативної роботи переслати її по електронній адресі: [referat@i.ua](mailto:referat@i.ua), зазначивши в темі листа прізвище, номер групи. У листі продублювати тему реферативної роботи.

2) Підготувати текст доповіді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF, Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для участі у мініконференції у тематичному форумі з теми:

- Радіоактивність.
- Основні властивості елементарних частинок.
- Особливості резонансів.

3) Підготувати власні висновки, основні ідеї в електронному вигляді на основі запропонованих ресурсів (у форматах PDF , Word, djvu та ін..) електронної бібліотеки віртуально-навчального середовища та інших ресурсів мережі Інтернет для електронної дискусії у тематичному чаті з наступних тематик:

- Особливості ядерних реакторів.
- Відкриття нейтрона.
- Чат-консультація з теми модуля «Атомне ядро»

4) Виконати розрахунки до лабораторної роботи “Визначення енергії альфа частинок по їх пробігу в повітрі” (додаток 25) за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

5) Створити презентацію для супроводження власної доповіді в умовах аудиторного заняття з наступних тематик:

- Ізотопи.
- Дефект маси.
- Ланцюгова ядерна реакція.

- Термоядерний синтез.
- Кварки.
- Мезони.

*Вимоги до презентації:*

1. Кількість слайдів від дев'яти до дванадцяти.
2. Перший слайд обов'язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
3. Другий слайд має висвітлити план доповіді.
4. Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
5. Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Суг. Інтервал краще використовувати одинарний;

**Завдання для високого рівня**

1) Розробити віртуальну лабораторну роботу з наступної тематики: “Визначення енергії альфа частинок по їх пробігу в повітрі” (додаток 25)

2) Розробити аудіовізуальний запис (додаток 27) для підготовки до виконання лабораторної роботи з наступної тематики: “Визначення енергії альфа частинок по їх пробігу в повітрі” (додаток 25)

3) Підготувати електронний текст згідно якого створити аудіо записи (додаток 26) для підготовки до наступних тем:

- Основні поняття модуля «Атомне ядро».
- Радіоактивність.
- Іонізуючі випромінювання та їх вплив на живі організми.
- Ізотопна хронологія.

4) Підготувати аудіовізуальні записи (додаток 27) з використанням власних презентацій, зроблених у Power Point, ProShow Producer або ін., та за допомогою програми Camtasia Studio або ін.. для підготовки до наступних тем:

- Радіоактивний розпад.
- Рентгенівське випромінювання.

- Дозиметрія іонізуючого випромінювання.
- Механічні впливи іонізуючих випромінювань.
- Особливості радіоактивних забруднень.

5) Підготувати технологію розробки та на основі її виготовити власні пристрої чи моделі та створити відеоролик-презентацію (додаток 28), що презентує теорію з наступних питань з однієї із перерахованих тематик:

- Проблеми розвитку елементарних частинок.
- Взаємоперетворення елементарних частинок.
- Сучасні проблеми об'єднання різних видів взаємодії.

## Глосарій

**Аудіо записи** – звукові навчальні засоби.

**Аудіоконференція** – технологія, яка використовує систему громадського телефонного зв'язку для з'єднання людей у двох або більше місцях. Для великих груп людей використовують додаткові пристрої для зменшення шуму та інтерференції.

**Безперервна освіта** – комплексна система освіти, яка об'єднує довузівську (школи, коледжі), вищу і післядипломну освіту, охоплюючи курсове навчання.

**Біт за секунду (біт/с, BPS)** – міра швидкості передавання даних каналом зв'язку.

**Модулі навчальної дисципліни** – це блоки дисципліни за графіком навчального процесу задля поетапного надання освітніх послуг та проведення обов'язкових аудиторних занять.

**Броузер (browser)** – засіб переглядання. Програмні засоби, що надають текстовий або графічний інтерфейс для інтерактивного шукання, знаходження, переглядання і опрацювання даних в мережі.

**Валідність** – комплексна характеристика психодіагностичної методики (тексту), що охоплює відомості щодо сфери досліджуваних явищ та репрезентативності діагностичної процедури стосовно до них. З'ясувати валідність означає перевірити, чи справді текст вимірює потрібну нам характеристику і наскільки надійно він це робить.

**Веб-броузер** – див.Броузер.

**Веб-КЕТ** – мультисерверна система комп'ютерного випробовування. Підмикання через Інтернет. Мова Перл (perl). Тексти генерує сама система, після виконання завдань вона їх перевіряє і надає результат.

**Веб-сервер** – див.Сервер.

**Веб-сторінка** (домашня сторінка) – сторінка інформації на комп'ютері у форматі HTML, створена користувачем за допомогою браузера і доступна для інших користувачів.

**Вибіркові навчальні дисципліни (ВБ)** – дисципліни, що їх установлює вищий навчальний заклад і вводить для засвоєння освітніх і кваліфікаційних потреб особи, ефективного користування можливостей і традицій конкретного навчального закладу, регіональних потреб тощо. ВБ поділяють на цикли дисциплін: самостійного вибирання навчального закладу та самостійного вибирання студента.

**Види навчальних занять у системі ДН:** установчі лекції, групові семінари (тьюторіали); співбесіди та консультації: аналізування ситуації (кейс-стаді); комп'ютерні ділові ігри; курсове проектування тощо.

**Виділена лінія (Dedicated Line)** – це виділена конкретному абонентові лінія зв'язку.

**Випереджувальна освіта** – освіта, зорієнтована на існування людини в інформаційному суспільстві. Сама інформатика, в цьому разі, виступає як фундаментальна природничо-наукова дисципліна і повинна мати відповідну відображеність в програмах, методиках і навчальних планах перспективної системи вищої освіти.

**Відеозаписи** – навчальні засоби, які охоплюють оглядові образи: нерухомі – слайди (рисунок, діаграми, графіки, кресленики тощо); рухомі – фільми, відеокасети (демонстрування дії інструментів, обладдя, аналізування змін в часі з користуванням анімації тощо); аудіо- та відео конференції в реальному масштабі часу.

**Відкрита дистанційна освіта (ВДО)** – це нова модель освіти дорослих, зокрема керівничої ланки, яка втілила в собі провідні вітчизняні і зарубіжні розробки в галузі конкретних наук, а також наук про поведінку, методології, розвивання особистості тощо. Ця модель принципово відрізняється від моделі традиційного професійного навчання ( у всіх його формах – очній,

заочній, вечірній) за метою, змістом освіти, характером діяльності викладачів та студентів, а також за результатами.

**Відкрита освіта (ВО)** – освіта, доступна кожному, хто бажає, без аналізування його початкового рівня знань (без вступних екзаменів). Високу якість знань забезпечувано академічністю курсів, урахуванням потреб ринку та підсилюванням відповідальності студента за результатами навчання. Технології і методики навчання такі самі, як і в дистанційній освіті.

**Відкритий університет (ВУ)** – вищий навчальний заклад, який сповідує відкриту освіту. Відомі ВУ: Британський, Канадський національні університети.

**Віртуальний** – умовний, уявний.

**Віртуальна освіта** – це процес і результат взаємодії суб'єктів і об'єктів освіти, що супроводжується створенням ними віртуального освітнього простору, специфіку якого визначають ці суб'єкти і об'єкти. Основний ефект, завдяки якому реалізується навчання, ефект присутності. Системи віртуальної реальності дають змогу бачити, чути і відчувати навколишній віртуальний світ, синтезований комп'ютером. Віртуальна освіта тісно пов'язана з дистанційною освітою, але не зводиться тільки до неї. Подібний ефект може бути створений у разі звичайної взаємодії вчителів, учнів і об'єктів, що вивчають.

**Віртуальний університет** – самостійний навчальний заклад, незалежний від будь-яких навчальних установ. Надає освітні послуги тільки методом дистанційного навчання. Має власну ліцензію, навчальні програми і курси. Він не має навчальних корпусів, гуртожитків, актових зал тощо.

**Геоінформаційні технології** – призначені для створення геоінформаційних систем (ГІС), в яких принципово вирішують всі завдання на високому рівні інтегрування та об'єднання даних, які використовують методи просторового аналізування.

**Гіпертекст (Hertext)** – тип інтерактивного середовища з можливостями переходження за посилками. Посилки, впроваджені в слова



або фрази, дають змогу користувачу вибирати (установити покажчик і натиснути ліву кнопку миші) текст і негайно ввести пов'язані з ним відомості та матеріали мультімедіа. Гіпертекстова технологія дає змогу, наприклад, в комп'ютерних курсах з окремих дисциплін переглядати потрібну інформацію з будь-якої галузі знань. При цьому браузер з'єднаний з віддаленим комп'ютером стільки часу, скільки потрібно для отримання і перегляду потрібної інформації.

**Гіпертекстова мова посилання** – див. HTML.

**Глосарій** – словник основних елементів тексту – в навчально-методичній літературі, зокрема в підручниках та навчальних посібниках для дистанційного навчання (ДН).

**Дидактичні засоби (ДЗ) системи ДН** – засоби, що виконують функції: організаційну, навчальну, корегувальну, комунікативну, рефлексивну, контролювання і прогнозування. Комплекс ДЗ може бути представлений у вигляді трьох блоків: інформаційно-змістовного; контрольно-комунікативного; корекційно-узагальнювального.

**Дистанційна освіта (ДО)** – це освіта, яка може використовувати окремі елементи денної (очної), заочної, вечірньої форм навчання та екстернату на основі нових інформаційних технологій та систем мультімедіа. Сучасні засоби спілкування та електронних видань дають змогу подолати недоліки традиційних форм навчання, зберігаючи при цьому всі їх достоїнства.

**Дистанційне навчання (ДН)** – це форма здобування освіти, поряд із денною та заочною, в якій в освітньому процесі використовують найкращі традиційні та інноваційні засоби, а також форма навчання, засновані на комп'ютерних та телекомунікаційних технологіях. Основу освітнього процесу за ДН становить цілеспрямована і контрольована інтенсивна самостійна робота студента, який може навчатись у зручному для себе місці, за індивідуальним розкладом, маючи при собі комплекс спеціальних засобів навчання і погоджену можливість конспектувати за викладачем телефоном, електронною та звичайною поштою, а також очно.

**Дистанційні навчальні заклади** – це комерційні структур надавання освітніх послуг, які працюють на принципах самооплатності.

**Дистрактори** – неправильні альтернативи і тестових питань.

**Електронна бібліотека** – електронні навчальні ресурси, які зберігаються на сервері базової структури дистанційного навчального закладу.

**Електронна дошка об'яв** - BBS (Bulletin board system) асинхронний засіб навчання. Комплекс апаратних і програмних засобів, які забезпечують обмін інформацією з використанням комп'ютерних телекомунікацій. Користувачі мають можливість залишати на ній повідомлення й файли. На відміну від Usenet, усі файли зберігаються в одному комп'ютері, яким керує один або кілька операторів.

**Електронна книга** – високотехнологічний пристрій, куди можна ввести інформацію обсягом на тисячі надрукованих сторінок.

**Електронна пошта (e-mail)** – всесвітня система розсилання і одержання інформації, одна з основних послуг Інтернету.

**Електронний (звomp`ютеризований) підручник (посібник)** - відрізняється від традиційного тим, що в його змісті закладено специфічну систему керування процесом навчання, яка охоплює засоби нелінійного структуроутворення та оптимізування навчального матеріалу, діагностування і корегування знань, розгалужену систему зворотного зв'язку. Переваги електронних видань над паперовими: великий обсяг текстової інформації; можливість сканування та копіювання тексту; найкраще обслуговування: дизайн, музичний супровід, відео кліпи; наявність у тексті довідково-інформаційної шукальної системи; компактність видання тощо.

**ЄАДО (EADTU)** – Європейська асоціація дистанційно навчання. Завантаження (download)- це передавання програм або даних головного на підімкнений до нього пристрій, зазвичай із сервера локальної або глобальної мереж на комп'ютер.

**Заліковий модуль** – див. Модуль заліковий.

**Засоби навчання для СНД** – навчально практичні посібники (НПП), навчальні матеріали в електронному, гіпертекстовому та лінійному виглядах, відео та аудіо матеріали. Комп’ютерні навчальні системи у звичайному і мультимедійному варіантах тощо.

**Захист (security)** – контрольні механізми, які перешкоджають незаконному користуванню інформаційними ресурсами.

**Змістовий модуль** – див. Модуль змістовий.

**ЗНС** – завтоматизовані навчальні системи

**ЗРМ** – завтоматизоване навчальне місце студента або викладача.

**ІТТО** – інститут ЮНЕКО з інформаційних технологій в освіті.

**ІКТ** – інформаційні і комунікаційні технології.

**Індивідуалізація навчання** – організація процесу навчання. Яка передбачає його модифікування відповідно до потреб того, хто навчається.

**Інновації** – новостворені (застосовані) і (або) вдосконалені конкурентно-спроможні технології, продукція або послуги, а також організаційно-технічні рішення виробничого, адміністративного, комерційного або іншого характеру, що істотно поліпшують структуру та якість виробництва і (або) соціальної сфери.

**Інтерактивний режим** – режим безпосередньої взаємодії людини-користувача з персональним комп’ютером (ПК).

**Інтередюнет** – глобальна міжнародна освітня система. Проект ЮНЕСКО і Міносвіти Російської Федерації.

**Інтернет** – глобальна мережа, яка зв’язує тисячі компактних мереж і дає змогу забезпечити зв’язок мільйонами користувачів і доступ до інформаційних ресурсів усього світу.

**Інтернетова конференція** – програма для спілкування через будь-яку комп’ютерну мережу, яка дає змогу передавати звук, відео, графіки, файли. Спільно працювати з іншими програмами та проводити відео конференції, використовуючи звичайні комп’ютери, відімкнені до Інтернету.

**Інтернетовий протокол** – протокол. Що визначає одиниці інформації, передані між системами доправлення її.

**Інтертекст** – комп'ютерний посібник з інтерактивним прикладом навчальної інформації.

**Інтерфейс (Interfase)** – сукупність апаратних програмних засобів, призначених для обміну інформацією між різними пристроями в комп'ютері, обчислювальних системах мережах.

**Інформатизування освіти** – це процес, в якому політичні. Соціально-економічні, технологічні і правові механізми тісно пов'язані на основі застосування комп'ютерів, інформаційних технологій і засобів зв'язку.

**Інформаційні технології і засоби інформатики в системі ДН:** текстові і графічні редактори, електронні таблиці; засоби керування базами даних; гіпертексти; експертні системи; мультимедіа-технології; геоінформаційні (ГІС-технології); інтерактивні веб-технології; системи комп'ютерного відеоконференцзв'язку (КВКЗ) тощо.

**Інфраструктура ДН** – керівництво системою ДН і регіональна мережа.

**ІТКС-** інформаційно-телекомунікаційні системи.

**Канал (Chanel)** – це Web-вузол (вузловий комп'ютер), створений для постачання інформації з Інтернету на комп'ютер користувача. Використовуючи канали, користувач може бачити не тільки одну Web-сторінку, але і всю структуру Web-вузла, що прискорює вибирання потрібної для перегляду інформації. Так звані «Активні канали» розроблені таким чином, що користувач зможе переглядати їх навіть в автономному режимі. Наприклад, їх завантажування на ПЕОМ буде виконуватися вночі, а вдень їх можна переглядати без відімкнення до Інтернету.

**Канал зв'язку (Communication Link)** – обладнання та програмні засоби, призначені для зв'язку двох кінцевих користувачів.

**Кейс-технологія** – навчальна технологія у відкритій та дистанційній освіті, в якій навчально-методичні матеріали чітко уструктуровані, скомпенсовані у спеціальний набір («кейс»), а потім їх надають студентові

для самостійного вивчення з періодичними консультаціями у викладачів-консультантів (координаторів, тьюторів) у створених для цього центрах дистанційного навчання (ЦДН).

**Координатор ДН** – ключова фігура процесу ДН, яка повинна бути обізнаною одночасно в декількох галузях: з навчального предмета, в сучасних активних методах навчання; в Інтернетових технологіях; в питаннях психології спілкування в Інтернеті; в питаннях організування, керування і вистежування дистанційних курсів.

**Кореспондентське навчання** – варіант заочного навчання, в якому приймання і видавання знань і навчальних матеріалів здійснюють пересиланням (передаванням) через фізичних осіб, поштою, електронною поштою тощо.

**Кредит (у вищій освіті)** – обсяг навчального матеріалу, який з урахуванням періоду засвоювання студентом окремих навчальних елементів (відповідно до психофізіологічних норм засвоювання за користання оптимальних норм, методів і засобів навчання та контролювання), оже бути засвоєний за 54 години навчального часу (сума годин в аудиторії і самостійної роботи студента за тиждень). У додатку I Конференції Ради Європи та ЮНЕСКО про визнання кваліфікації з вищої освіти в європейському регіоні, кредит – оцінена і укваліфікована мінімальна умовна одиниця виміру «вартості» якоїсь одиниці програми вищої освіти, виконаної студентом під час навчання.

**Локальна корпоативна мережа** - це мережа, яка бслуовує обмежену кількість користувачів, на відміну від Інтернету.

**Мережа УРАН** – національна телекомунікаційна мережа для установ освіти і науки України, створена у межах Національної програми інформатизації.

**Мережева технологія дистанційного навчання** – технологія, базована на користання мережі Інтернет і заснована як для забезпечення студентів

навчально-методичними матеріалам, так і для інтерактивної взаємодії між викладачем та студентом.

**Модем (Modem, MODulator-DEModulator)** – інтерфейс кінцевого користувача, який дає змогу передавати кінцеві дані за допомогою аналогових систем, наприклад телефонних ліній.

**Модератор** – організатор, провідник телеконференції в системі ДН.

**Модуль** –(від лат. moduus – міра). В техніці – зуніфікований функційний вузол, виконаний у вигляді самостійного виробу. В системі ДН – це розділ навчальної дисципліни (див. модуль змістовий), або комплект навчально-методичних матеріалів, що його надають студентів для самостійного вивчення дисципліни (розділу дисципліни). При цьому застосовуються модулі типу: на паперових носіях (у твердих копіях); на відео- і аудіокасетах; на ком пакт-дисках. Для побудування ефективного дистанційного курсу доцільно застосовують всі типи модулів.

**Модуль заліковий** – охоплює один або кілька змістових модулів (розділів, тем) курсу, уструктурованих за певним обсягом змісту та годин дисципліни задля її поетапного вивчення та складання заліків (іспиту) згідно зі графіком навчального процесу у локальних ЦДН.

**Модуль змістовий** – система навчальних елементів, поєднаних за ознакою відповідності певному навчальному об'єктові. Це розділ навчальної дисципліни, зміст якої містить потрібну для студента інформацію, що спрямовує і забезпечує його навчання з конкретного розділу програми, визначеного метою дисципліни. Вважають основною освітньою одиницею навчального процесу в системі ДН. Забезпечує можливість формування різноманітних навчальних програм якісного і кількісного оновлювання банку навчальних курсів; уніфікування і стандартування електронних підручників – навчальних і практичних посібників, комп'ютерних програм тощо.

**Модуль навчальний** – див.Модуль змістовий.

**Модульно-рейтингова система** навчання передбачає модульне (дозоване) вивчення дисциплін і рейтингове (бальне) оцінювання знань студента.

**Мультимедіатехнології** – одночасне користування різних засобів надання інформації: тривимірна комп'ютерна графіка; звуковий та відеоряд; динаміка образів; інтерфейси віртуальної реальності, які дають змогу досягти в навчальних програмах граничної наочності.

**Мультимедіа** – комп'ютерні системи із зінтегрованою підтримкою звукозаписів та відеозаписів.

**Навчальна дисципліна (у вищому навчальному закладі)** – педагогічна пристосована система понять про явища, закономірності, закони, теорії, методи тощо будь-якої галузі діяльності (або сукупностей різних галузей діяльності).

**Навчальна програма** – це нормативний документ, який належить до комплексу документів державного стандарту освіти. Навчальна програма визначає та зміст готування фахівців і її розробляють на підставі ООП та структурно-логічної схеми готування.

**Навчальне телебачення (ITV)** – ефективна система доставлення навчального матеріалу в системі ДН.

**Навчальний елемент (дидактична одиниця)** – мінімальна доза навчальної інформації, що зберігає властивості навчального об'єкта.

**Навчальний модуль** – див. Модуль навчальний.

**Навчальний об'єкт** – навчальна інформація певного обсягу. Що має самостійну логічну структуру та зміст, і дає змогу оперувати цією інформацією в процесі розумової діяльності.

**Навчальний план** - це нормативний документ вищого навчального закладу, який складають на підставі професійно-освітньої програми (ОПП) та структурно-логічної схеми готування і визначає перелік та обсяг нормативних навчальних дисциплін (НР) та вибіркових навчальних дисциплін (ВБ), послідовність визначення їх. Конкретні форми проведення

навчальних занять та їх обсяг, графік навчального процесу, форми та засоби проведення поточного та підсумкового контролювання.

**Навчальний продукт (освітній продукт)** – сукупність даних, сформованих для впровадження в навчальний процес, зокрема в систему ДН.

**Навчальні курси в системі ДН** бувають кредитні, які офіційно затверджені в закладеному навчальному закладі і їх зараховують студентів у межах навчальної програми, та не кредитні – призначені для одержування додаткової або післядипломної освіти (наприклад, підвищення кваліфікації) і які не надають права на отримання певного освітньо-кваліфікаційного рівня.

**Навчально-методичні матеріали для СНД** – матеріали, що їх надають у формах: надруковані (на базі традиційних підручників); на аудіо- та відеокасетах; радіо- та телевізійні курси; курси а аудіо- телевізійних курсах; курси з використанням комп'ютерних технологій тощо.

**Найчастіше ставлені питання (FAQ-Frequently Asked Question)** – інколи розшифровують як найчастіше ставлені питання, на яке чітко доводиться відповідати.

**Науково-методична підтримка те нічого процесу** – це навчальні матеріали, освітні та інформаційні технології, освітні програми, методики навчання тощо.

**Нормативний період навчання** – період навчання денної (очної) форми, потрібен для засвоєння особою нормативної та вибіркової частини місту навчання встановлений стандартом вищої освіти.

**Нормативні навчальні дисципліни (НД)** - дисципліни, що їх встановлюють державним стандартом освіти. Дотримання їхніх назв та обсягів обов'язкове для навчального закладу. НР поділено на дисципліни за циклами: гуманітарного та соціально-економічного готування (ГСЕ); природничо-наукового готування (ПН); професійного та практичного готування (ПГ).



**Онлайн-система** – це система, в якій вводжені дані надходять в комп'ютер безпосередньо від джерела, а виводжені дані надходять туди, де їх використовують без будь-яких проміжних стадій (програмування тощо).

**Опис дистанційного курсу** – опис, що містить таку інформацію: назва курсу; мета курсу; тематичний план; рекомендована література; рекомендовані інтернетові ресурси.

**Опорний конспект лекцій** – це навчальний посібник, призначений для викладання та засвоювання навчального курсу в тандемі «лектор-студент» з неодмінним, у цьому разі, застосуванням технічних засобів (ТЗН).

**Освітній продукт** – див. Навчальний продукт.

**Освітньо-кваліфікована характеристика (ОХК)** – це основні вимоги до якостей знань особи, яка здобула певний освітній рівень та професійних якостей, знань і умінь фахівця, які потрібні для успішного виконання професійних обов'язків.

**Освітньо-професійна програма готування (ОПП)** – це перелік нормативних та вибіркових дисциплін із зазначенням обсягу годин, відведених для їх вивчення, форм підсумкового контролювання.

**Освітня послуга** – одержування і надання в розпорядження студента навчальних продуктів.

**Підручник (посібник) для дистанційного навчання** повинен відповідати наступним вимогам: забезпечувати достатність навчальної інформації; бути зрозумілим для будь-якого рівня підготованості; бути інтерактивним; мати практичну спрямованість; забезпечувати готування слухача до іспиту.

**Порт (Port)** – спеціальний пристрій, який входить до складу комп'ютера і його використовують для зв'язку із зовнішніми пристроями, наприклад, модемами.

**Посилка (Hyperlink)** – зв'язок між різними складниками інформації.

**Початок (Home)** – початкова сторінка вузла, яка містить відомості описового характеру і посилки на інші, змістовні сторінки.

**Принципи побудови СДО (головні):** децентралізація, комплексність системи освіти (безперервна освіта), інформаційна підтримка освітнього процесу, доступність дистанційної освіти, модульність навчально-методичного забезпечування, єдина методологічна основа, контролювання знань.

**Провайдер дистанційної освіти** – це навчальний заклад, який пропонує пройти навчання і одержати освіту засобом дистанційного навчання.

**Протокол передавання гіпертексту (HTTP – hypertext transfer protocol)** – метод, за допомогою якого передають із головного комп'ютера або сервера на засоби переглядання або до окремих користувачів.

**Протокол передавання файлів (FTP – File Transfer Protocol)** – протокол, що його використовують для передавання файлів між різноманітними системами.

**Режим зворотного зв'язку (Feedback)** – зв'язок (переважно в реальному часі) між викладачем і студентом.

**Рейтингове оцінювання** – базова технологія оцінювання успішності в системі ДН з урахуванням назбираних поточних оцінок в базі даних. Це назбирана сума оцінок з різними варіантами математичного опрацювання.

**Робоча навчальна програма** – це нормативний документ дисципліни вищого навчального закладу, який містить виклад конкретного змісту навчальної дисципліни, послідовність та організаційно-методичні форми її вивчення, обсяг часу на різні види навчальної роботи, форми і засоби поточного та підсумкового контролювання, перелік наочних і технічних засобів навчання тощо.

**Розподілений характер освітнього процесу** – навчання за місцем проживання або роботи.

**Сайт дистанційного навчального закладу** містить такі основні розділи: інформаційний; навчальних програм і курсів; реєстрування; бібліотека; технічне обслуговування.

**СДН** - система дистанційного навчання.

**Сервер (Server)** – мережевий вузол, який отримує дані і надає послуги іншим станціям. По суті, це вузловий комп'ютер, на якому зберігають всю навчально-методичну, адміністративно-господарську, фінансово-економічну інформацію дистанційного навчального закладу.

**Система дистанційної освіти (СДО)** – це єдиний комплекс освітніх послуг, який охоплює: мережу Інтернет, веб-сервери та інші атрибути мереж; електронну бібліотеку навчальних курсів, забезпечену експертною системою, яка дає змогу автоматично формувати навчальні курси залежно від індивідуальних запитів студента; корпоративну систему керування навчальним процесом у всіх його виявах, охоплюючи фінансові оборотні кошти; а також обов'язків атрибут – навчальний курс фундаментальної інформатики, як природничо-наукової дисципліни.

**Спілкування (communication, ru: коммуникация)** – процес обміну інформацією.

**Сторінка (Page)** – документ гіперсередовища Інтернету.

**Структурно-логічна схема готування** – це наукове і методичне обґрунтування процесу реалізування освітньо-професійної програми готування.

**Телевізійна технологія дистанційного навчання** – це технологія, що базується на використанні телевізійних лекцій з консультаціями у викладачів-консультантів.

**Тест** - устандартована психодіагностична система завдань, призначена для встановлювання кількісних і якісних індивідуально-психологічних властивостей. У психологічному діагностуванні – устандартований, часто обмежений у часі іспит. У системі освіти – це система сформалізованих завдань, призначених для встановлювання відповідностей освітнього (кваліфікаційного) рівня особи, яка навчається, до вимог освітньо-кваліфікаційних характеристик (ОКХ).

**Тестові питання** складаються із основ і альтернатив. Основа містить у собі питання або формулювання завдання, а також (у разі потреби)

інформацію для надання правильної відповіді. Решта альтернатив повинна бути неправильною, а самі альтернативи називаються дистракторами.

**Технічний статок (засоби) системи ДН** охоплює: комп'ютерний клас; мультимедійну техніку; аудіоглядову техніку; модемний зв'язок (електронну пошту, Інтернет); технічний статок аудиторій (проектор, пластикову дошку, відеомагнітофон, екран); видавничу техніку; організаційну та розмножувальну техніку тощо.

**Технології відкритого та дистанційного навчання** поділяють на дві групи: не інтерактивні (надання навчально-методичних матеріалів у надрукованому вигляді на аудіо- та оглядових носіях або CD-ROM) та інтерактивні (комп'ютерні), наприклад, відео конференції, мультимедіа, електронна пошта тощо.

**Технологія навчання** – сукупність методів, заходів та засобів передавання соціального і (або) професійного досвіду в процесі навчання.

**Упорядкування-розпаковування** – метод кодування-декодування сигналів, який дає змогу передавати (або запам'ятовувати) більший обсяг даних, ніж дає змогу носій.

**Файл (File)** – те саме, що набір даних.

**Форми організації навчального процесу в системі ДН:** самостійне навчання з користуванням інформаційними навчальними засобами без викладацької підтримки; самостійне навчання з консультуванням у викладача за допомогою засобів зв'язку без прямого контакту; самостійне навчання з викладацькою підтримкою у формі занять та консультацій у ЦДН.

**Центри дистанційного навчання (ЦДН)** згідно з Концепцією розвитку дистанційної освіти в Україні поділяють на: регіональні та базові; створювані на базі вищих навчальних закладів, і локальні, які створюють на базі вищих, професійно-технічних або середніх навчальних закладів, які мають доступ до телекомунікаційних мереж, сучасну комп'ютерну базу та підготований кадровий склад.

**Цикл готування** – сукупність складників змісту освітнього та професійного готування (змістових модулів, блоків змістових модулів), що поєднані за ознаками незалежності їх змісту до спільного освітнього або професійного напрямку.

**Тематичний чат** – технологія та надані нею послуги по пересилці текстових повідомлень в режимі реального часу. Цей термін використовують для описування інтерактивних конференцій. Наприклад, «кімнати для розмов».

**Широкошвидкісний канал зв'язку** – високошвидкісний канал зв'язку. Зазвичай, допускають швидкість передавання даних більшу ніж 1,544 Мбіт/с.

## Література

1. Бацуровська І.В. Технології дистанційного навчання у вищій освіті [Текст]: стаття. / Бацуровська І.В., Самойленко О. М. - [Електронний ресурс] [http://www.confcontact.com/20110225/pe4\\_samojl.htm](http://www.confcontact.com/20110225/pe4_samojl.htm)
2. Бацуровська І. В. , Шляхи впровадження технології дистанційного навчання у фахову підготовку майбутніх інженерів в аграрних університетах. [Текст]: стаття. / Бацуровська І.В. - [Електронний ресурс] <http://conf.fizmat.tnpu.edu.ua/?p=415>
3. Закон України про освіту [Електронний ресурс] <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=1060-12>
4. Закон України про вищу освіту [Електронний ресурс] [http://www.osvita.org.ua/pravo/law\\_05/](http://www.osvita.org.ua/pravo/law_05/)
5. Кухаренко В.М. Інструкція т'ютору. [Текст]: метод. рекоменд./ Кухаренко В.М., Сиротенко Н.Г., Київ: Харків: НТУ "ХП", 2003.- 19с.
6. Кухаренко В.М. Дистанційне навчання: Умови застосування. Дистанційний курс. [Текст]: навч. посібн. 3-є вид./ Кухаренко В.М., Рибалко О.В., Сиротенко Н.Г. — Харків: НТУ «ХШ», «Торсінг», 2002.— 320 с.
7. Олійник В.В. Дистанційна освіта за кордоном та в Україні: Стислий аналітичний огляд. [Текст]: навч. посібн. / Олійник В.В. – К.: ЦППО, 2001. – 54 с.
8. Олійник В.В. Організаційно-педагогічні основи дистанційної освіти і навчання: Організаційно-педагогічне дослідження. [Текст]: навч. посібн. / Олійник В.В. – К.: ЦППО, 2001. – 47 с.
9. Полат Е.С. Педагогические технологи дистанционного обучения [Текст]: навч. посібн. / Полат Е.С. - Москва - 2008, 400с.
- 10.Самойленко О.М. Основи практичної роботи т'ютора у віртуальному навчальному середовищі. [Текст]: метод. реком. / Самойленко О.М. – Київ 2008, - 16с.

- 11.Самойленко О.М. Використання інформаційних технологій у професійній діяльності/ [Текст]: метод. плосібн. / Самойленко О.М. – Миколаїв, 2009. – 267с.
- 12.Самойленко О.М. Технології організації самостійної роботи майбутніх фахівців-аграріїв на основі Web-орієнтованого середовища. [Текст]: стаття. / Самойленко О.М. – Евпаторія: 2010. - Том 1. с.136-138.
- 13.Самойленко О.М. Застосування навчального порталу в університетській освіті. . [Текст]: стаття. / Самойленко О.М. – Евпаторія: 2011. - Том 1. с. 105-106.

#### **Рекомендована література.**

1. Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики [Текст]: навч. посібн./ В.С. Волькенштейн. – Москва: Наука,1979. – 548 с.
2. Воронецька Л.В. Фізика вступникам до вузів [Текст]: навч. посібн./ Л.В. Воронецька, В.М. Васьківська, Київ: Вища школа, 1977. - 272с.
3. Грабовський Р.І. Курс фізики [Текст]: навч. посібн./ Р.І. Грабовський – Москва: Наука, 1980. - 610 с.
4. Детлаф А.А. Курс фізики. Т.3 [Текст]: навч. посібн./ А.А. Детлаф, Б.М. Яворський, Л.Б. Милковська. – К.: Вища школа, 1973. - 243 с.
5. Зисман Г.А. Курс общей физики. Т 3. [Текст]: навч. посібн./ Г.А. Зисман, О.М. Тодес – Москва: Наука, 1972 – 1974. - 312 с.
6. Корсак К. В. Фізика: посібник для вступників до вузів. [Текст]: навч. посібн./ К. В. Корсак – Київ: Либідь, 1993. - 220 с.
7. Кучерук І.М., Горбачук І.Т. Загальний курс фізики. Т.3. [Текст]: навч. посібн./ І.М. Кучерук, І.Т. Горбачук. - Київ: Техніка. 2001. - 518 с.
8. Савельєв І.В. Курс загальної фізики. Т.3. [Текст]: навч. посібн./ І.В. Савельєв – Москва: Наука, 1972 - 1974. - 508 с.
9. Садовый А. І. Основи фізики з задачами і прикладами їх розв’язування. [Текст]: навч. посібн./ А. І.Садовый, Ю.Г. Лега – Київ: Кондор, - 2008. - 382 с.

10. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.4. [Текст]: навч. посібн./ Д.В. Сивухин – Москва: Наука, 1977 - 1980. - 247 с.
11. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. [Текст]: навч. посібн./ Л.А. Сена – Москва: Наука, 1977. - 214с.
12. Трофимова Т.И. Курс фізики. [Текст]: навч. посібн./ Т.И. Трофимова – Москва: Вища школа, 1985. - 575 с.
13. Чертов А.Г., Задачник по физике. [Текст]: навч. посібн./ А.Г. Чертов, А.А. Воробьев– Москва: Высшая школа, 1981. - 324с
14. Чертов А.Г. Единицы физических величин. [Текст]: навч. посібн./ Чертов А.Г. – Москва: Высшая школа, 1977. - 445 с.
15. Чолпан П.П. Фізика [Текст]: навч. посібн./, Київ: Вища школа, 2003. - 566 с.



## Лабораторна робота «Визначення прискорення вільного падіння за допомогою математичного маятника»

### Мета роботи:

1. Виміряти прискорення вільного падіння по періоду коливання математичного маятника;
2. Визначити закони гармонічного коливального руху.

### Прилади та обладнання:

1. Важка кулька, яка підвішена на легкій нитці, що не розтягується;
2. Секундомір.

Рух тіла під дією тільки однієї сили тяжіння називається вільним падінням, а прискорення, якого набуває при цьому тіло - *прискоренням вільного падіння g*.

У даній роботі прискорення вільного падіння визначається за допомогою математичного маятника.

*Математичним маятником* називається матеріальна точка, яка підвішена на тонкій невагомій нитці, що не розтягується. Ця матеріальна точка здійснює коливання у вертикальній площині, під дією сили тяжіння.

На практиці математичним маятником можна вважати важке тіло, яке підвішене на легкій недеформованій нитці, довжина якої на багато більше за розміри тіла. Сила  $F$  при малих кутах відхилення дорівнює:

$$F = mg \cdot \sin \alpha \approx mg\alpha \quad (1)$$

Таким чином, повертаюча сила  $F$  пропорційна куту відхилення маятника від положення рівноваги, отже, пропорційна зміщенню маятника від цього положення. Така сила викликає гармонічний коливальний рух. Період

математичного маятника визначається за формулою:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

(2)

Розв'язуючи (2) відносно  $g$ , одержимо:

$$g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2} \quad (3)$$

звідки випливає, що визначення прискорення вільного падіння зводиться до вимірювання довжини маятника та періоду його коливань. Період коливань математичного маятника  $T$  залежить від довжини маятника  $L$  і прискорення вільного падіння.

#### Порядок виконання роботи

1. Підрахувати довжину маятника  $L$ , вимірюючи для цього відстань від точки підвісу до центру ваги підвішеної кулі.

$$L = l_0 + l_1 + \frac{d}{2},$$

де  $l_0$  - відстань від точки прикріплення на кронштейні до місця прикріплення нитки на кульці;  $l_1$  - відстань від місця кріплення нитки на кульці до поверхні кулі;  $d$  - діаметр кульки.

Відводячи маятник від положення рівноваги на малий кут ( $5^\circ$ - $10^\circ$ ), визначити проміжок часу, за який здійснюється  $N$  повних коливань (кількість коливань задається викладачем). Обробити результати вимірювань  $L$  і  $t$ .

2. Розрахувати значення величини  $T$  за формулою:

$$T = \frac{t}{N}$$

3. Знайти значення величини  $g$  за формулою (3).

4. Знайти  $g_{сер.}$ , а також розрахувати відносну та абсолютну похибки вимірювань і записати кінцевий результат у вигляді:

$$g = (g_{сер.} \pm \Delta g_{сер.}) \left[ \frac{м}{с^2} \right]$$

5. Оформити звіт і результати занести у таблицю:

№	L(м)	N	t	T(с)	$g \left[ \frac{м}{с^2} \right]$	$g_{сер.} \left[ \frac{м}{с^2} \right]$	$\Delta g \left[ \frac{м}{с^2} \right]$	$\Delta g \left[ \frac{м}{с^2} \right]$

## Лабораторна робота «Визначення модуля Юнга при згині стержня»

Мета роботи. Визначити модуль пружності (модуль Юнга) для сталі при згині стержня.

Прилади та обладнання. Установка для визначення модуля Юнга по стрілі прогину, набір тягарців, індикатор, штангенциркуль.

Модуль пружності можна визначити по згину сталевому стержню. Якщо стержень прямокутного перерізу покласти горизонтально на ребра двох опорних призм і навантажити його посередині, то стержень прогнеться, причому його середня точка буде мати найбільше зміщення  $f$ , яке характеризує деформацію згину і називається стрілою прогину. Згин стержня викликає деформацію розтягу в нижньому шарі стержня. В зв'язку з тим, що розтяг і стиснення характеризується модулем Юнга, згин також залежить від цієї величини. Теорія дає наступну формулу для стріли прогину стержня з прямокутним поперечним перерізом.

$$f = \frac{Fl^3}{Ebh^3}, \quad (1)$$

де  $F$  – сила, що прикладена до середини стержня;

$l$  – відстань між опорними призмами;

$b$  – ширина, поперечною перерізу стержня;

$h$  – висота поперечного перерізу стержня;

$E$  – модуль Юнга;

З формули (1) визначимо модуль Юнга  $E$ :

$$E = \frac{Fl^3}{fbh^3} \quad (2)$$

Перевага цього метода визначення модуля Юнга перед

попереднім (див. роботу №5) полягає в тому, що порівняно малі вантажі викликають помітний прогин, завдяки чому величина деформації визначається з достатньою точністю.

#### Опис дослідної установки

Установка складається з двох призматичних опор, що закріплені на металевій станині. На них встановлено досліджуваний стержень з прямокутним поперечним перерізом, довжина якого 1м. Посередині стержня підвішується скоба, що має призму з гострим опорним ребром і пристосуванням для загрузки набором тягарців. Штифт індикатора торкається досліджуваного стержня в точці під опорним ребром призми.

#### Порядок виконання роботи

1. Виміряти штангенциркулем ширину  $b$  і висоту  $h$  стержня.

2. Поворотом зовнішнього кільця з насічкою на боковій поверхні установи-  
ти шкалу індикатора в нульове положення.

3. Чашку підвісу послідовно навантажувати плоскими тягарцями вагою 5Н кожний,  
до 25Н, а потім розвантажувати. Для кожного навантаження по шкалі індикато-

ра визначити два положення стріли прогину  $f$  (при навантаженні і розвантаженні). Визначити середню величину прогину  $f_{сер}$  при навантаженні і розвантаженні за формулою:

$$f_{сер} = \frac{f_{нав} + f_{розв}}{2}$$

4. Побудувати графік залежності  $F$  від  $f$  при навантаженні і розвантаженні (вони практично зливаються в одну пряму лінію, що проходить через початок координат, оскільки при вказаних

навантаженнях, деформація згину є пружною).

5. Обчислити значення модуля Юнга за формулою:

$$E = \frac{F}{f_{сер}} \frac{l^3}{bh^3}$$

6 Оформити звіт, результати занести у таблицю :

7. Обчислити абсолютну та відносну похибки, кінцевий результат записати у вигляді:

$$E = (E_{сер} \pm \Delta E_{сер}) \text{ Н/м}^2$$

№ п.п	F, Н	$f_{нав}$ , м	$f_{розв}$ , м	$f_{сер}$ , м	E, Н/м <sup>2</sup>	E <sub>сер</sub> , Н/м <sup>2</sup>	ΔE, Н/м <sup>2</sup>	ΔE <sub>сер</sub> , Н/м <sup>2</sup>	l, м	b, м	h, м
1											
2											
3											
4											
5											

## Лабораторна робота «Визначення модуля пружності (модуль Юнга ) при розтязі дроту»

Мета роботи. Ознайомитись з основними положеннями теорії та експериментально визначити модуль Юнга при розтязі дроту.

Прилади та обладнання. Установка для визначення модуля Юнга при розтязі дроту, мікрометр, набір тягарців, індикатор.

Зміну в розміщенні частинок твердого тіла під дією зовнішніх сил називають деформацією. Зміну довжини  $\Delta l$  при односторонньому розтязі називають абсолютною деформацією, а відношення  $\frac{\Delta l}{l}$  відносною деформацією, де  $l$  початкова довжина.

Деформація викликає виникнення в деформованому тілі пружної сили  $F_{пр}$ :

$$F_{пр} = -k\Delta l, \quad (1)$$

де  $k$ -коефіцієнт жорсткості, який залежить від матеріалу і форми тіла. Формула (1), що виражає закон Гука, дійсна для пружних деформацій. Сила  $F$ , яка діє на площу поперечного перерізу тіла –  $S$ , створює нормальну напругу

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (2)$$

Відповідно до закону Гука

$$\sigma = E \frac{\Delta l}{l}, \quad (3)$$

де  $E$ -модуль Юнга, постійний для даної речовини коефіцієнт, який характеризує її пружні властивості.

З формули (3) випливає, що модуль Юнга чисельно дорівнює напрузі, при якій відносна деформація дорівнює одиниці (тобто  $\Delta l=l$ ), Модуль Юнга при розтязі дроту можна визначити за формулою:

$$E = \frac{4lF}{\pi d^2 \Delta l_{сер}} \quad (4)$$

### Опис дослідної установки

Установка для визначення модуля пружності складається з закріпленого на стіні кронштейна, до якого прикріплений сталевий дріт. Дріт знаходиться в натягнутому стані під дією закріпленої на нижньому кінці дроту площадки, на яку кладуть набір тягарців, вага яких відома. Для виключення впливу нерівностей дроту на площадку встановлюється постійний вантаж, який утримує дріт в натягнутому стані.

### Порядок виконання роботи

1. Довжину дроту  $l$  виміряти лінійкою.
2. Мікрометром заміряти у 3-х різних точках діаметр дроту приймаючи середнє значення.
3. Поворотом зовнішнього кільця з насічкою на боковій поверхні встановити шкалу індикатора в нульове положення.
4. Покласти на площадку тягарці кожний з яких 5Н і визначити величину деформації  $\Delta l$  за допомогою індикатора. Навантаження довести до 25Н, а потім в зворотному порядку проводити розвантаження, кожен раз знімаючи тягарці і визначаючи величину деформації індикатора. Визначити середню величину видовження  $\Delta l$  при навантаженні і розвантаженні за формулою:

$$\Delta l_{сер} = \frac{\Delta l_{нав} + \Delta l_{розв}}{2}$$

5. Обчислити значення модуля Юнга за формулою (4), використовуючи середні значення  $\Delta l$ .



6. Отримані данні занести у таблицю:

№ пп	F,Н	$\Delta l_{нав.}$ м	$\Delta l_{розв.}$ м	$\Delta l_{ср.}$ м	L,м	d, м	E, Н/м <sup>2</sup>	E <sub>ср</sub> Н/м <sup>2</sup>	$\Delta E,$ Н/м <sup>2</sup>	$\Delta E_{ср.}$ Н/м <sup>2</sup>
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										

7. Обчислити абсолютну та відносну похибки, кінцевий результат записати у вигляді

$$E=(E_{ср} \pm \Delta E_{ср}).....Н/м^2$$

## Лабораторна робота «Визначення моменту інерції маятника Обербека»

Мета роботи: Використовуючи основний закон динаміки обертового руху, визначити момент інерції хрестоподібного маятника Обербека

Прилади та обладнання: хрестоподібний маятник Обербека, секундомір, штангенциркуль.

Опис приладу:

Хрестоподібний маятник Обербека являє собою шків, до якого прикріплені чотири спиці з тягарцями масою  $m_1$ , кожний. Ці тягарці за допомогою гвинтів можуть бути закріплені на спицях на будь-якій відстані від осі обертання або ж зняті. На шків намотується нитка, до кінця якої прикріплюється тягар масою  $m$ . Під дією тягара нитка, розмотуючись, приводить систему до рівноприскореного обертання.

На тягар діють дві сили: сила тяжіння  $\vec{P} = m\vec{g}$  (де  $g$  – прискорення вільного падіння) і сила натягу нитки  $T$ . Їх рівнодіюча  $|P-T|$  визначається за другим законом Ньютона:  $P-T = ma$ , звідки

$$T = P - mg = m(g - a) \quad (1)$$

де  $a$  – лінійне прискорення тягара  $m$ , нитки і точок на поверхні шківа. Якщо  $h$ - шлях, який проходить тягар  $m$  за час  $t$ , то

$$a = \frac{2h}{t^2} \quad (2)$$

Кутове прискорення  $\varepsilon$  зв'язане з лінійним  $a$  співвідношенням:

$$\varepsilon = \frac{\dot{a}}{R} \quad \text{або} \quad \varepsilon = \frac{2\dot{a}}{d} \quad (3)$$

де  $R$  – радіус шківа,  $d$  – його діаметр.

Обертання маятника спричиняється моментом  $M$  сили натягу нитки  $T$ :

$$M = TR = m(g - a)R \quad (4)$$

За основним законом динаміки обертового руху визначаємо момент інерції  $I$  хрестоподібного маятника :

$$I = \frac{M}{\varepsilon} = \frac{m(g - a)R}{\varepsilon} = \frac{m(g - a)d}{2\varepsilon} \quad (5)$$

Отже,

$$I = \frac{m(g - a)d}{2\varepsilon} \quad (6)$$

За формулами (2), (3) і (5) у роботі визначають лінійне та кутове прискорення ( $a$  і  $\varepsilon$ ), а також моменти інерції ( $I$ ) хрестоподібного маятника з тягарцем. Момент інерції  $I_0$  чотирьох тягарців на спицях визначають за формулою:

$$I_0 = 4m_1r^2 \quad (7)$$

В останньому випадку тягарці  $m_1$  приймають за матеріальні точки, що знаходяться на відстані  $r$  від осі обертання.

#### Порядок виконання роботи

1. Записати задані значення мас  $m$  і  $4m_1$ .
2. Штангенциркулем виміряти діаметр шківів  $d$ .
3. Відмітивши початкове положення тягарця  $m$  і надаючи йому можливість падати уздовж шкали, визначають  $t$  - час падіння тягарця на шляху  $h$ . Вимірювання провести тричі.
4. Визначити лінійне  $a$ , і кутове  $\varepsilon$  прискорення за формулами (2) і (3), підставляючи в них значення прямих вимірювань.
5. Розрахувати момент інерції  $I$  хрестоподібного маятника за формулою (6).
6. Визначити момент інерції тягарців  $I_0$  за формулою (7).
7. Обчислити абсолютну та відносну похибки для моменту інерції  $I$ .
8. Оформити звіт, занести дані в таблицю:

№ п. п.	Табличні і задані данні			Результати прямих вимірювань			
	$g, \text{ м/с}^2$	$m, \text{ кг}$	$4m_1, \text{ кг}$	$h, \text{ м}$	$t, \text{ с}$	$d, \text{ м}$	$r, \text{ м}$

№ п/п.	Результатиу непрямих вимірювань						
	$a, \text{ м/с}^2$	$\varepsilon, \text{ рад/с}^2$	$I_0, \text{ кг м}^2$	$I, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$	$I_{\text{сер}}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$	$\Delta I, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$	$\Delta I_{\text{сер}}, \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

9.Обчислити абсолютну та відносну похибки, кінцевий результат записати у вигляді:

$$I = (I_{\text{сер}} \pm \Delta I_{\text{сер}}) \dots \text{ кг м}^2$$

## Лабораторна робота «Визначення питомої ваги та густини твердого тіла»

### Прилади та обладнання

1. Ареометр з постійним об'ємом.
2. Посудина з водою.
3. Експериментальні тіла.
4. Технічні терези з рівновагами

### Опис приладу

Ареометр з постійним об'ємом являє собою циліндр, що має плавучість у воді. До ареометра прикріплені чашки (верхня і нижня), в яких розміщують досліджуване тіло і рівноваги. На ареометрі нанесена риска  $m$ , до якої ареометр потрібно занурювати у воду. При виконанні цієї умови об'єм зануреної у воду частини приладу залишається постійним. Звідки і назва приладу „ареометр з постійним об'ємом”.

Для того, щоб визначити, чи занурений ареометр у воду до риски, необхідно дивитись точно у площині рівня води у посудині. Рівень води повинен співпадати з рисою.

При кожному зануренні ареометра у воду до риски, його обов'язково потрібно звільнити від бульбашок повітря (струсити ареометр), тому що наявність навіть маленьких бульбашок може вплинути на результати вимірювання.

### Порядок виконання роботи

Питома вага тіла визначається за формулою

$$\gamma = \frac{P}{V}, \quad (1)$$

де  $P$  – вага даного тіла,  $V$  – об'єм води витісненої тілом.

1) визначення ваги;

Зануривши ареометр у воду і звільнивши його від бульбашок, навантажити верхню чашку ареометра рівновагами до того часу, доки ареометр не зануриться у воду до риски. Нехай вага необхідних для цього рівноваг дорівнює  $P_1$ .

Потім покласти на верхню чашку ареометра досліджуване тіло і знімати частину рівноваг доти, поки ареометр знову не зануриться до тієї ж риски. Якщо вага рівноваг, що залишилися в чашці, дорівнює  $P_2$ , то вага досліджуваного тіла у повітрі

$$P = P_1 - P_2 \quad (2)$$

2) визначення об'єму;

Після визначення ваги тіла в повітрі, досліджуване тіло перекласти з верхньої чашки ареометра на нижню. Якщо воно плаває, то його прив'язують. Для того, щоб утримати ареометр, зануреним до риски, на верхню чашку додати рівноваги. Якщо вага рівноваг на верхній чашці буде дорівнювати  $P_3$ , то вага води  $P_в$ , що витіснило досліджуване тіло, дорівнюватиме :

$$P = P_1 - P_2 \quad (3)$$

Об'єм  $V$  тіла дорівнює об'єму води, витісненої тілом при його зануренні у воду, а об'єм води  $V_в$  дорівнює вазі води  $P_в$  поділеній на питому вагу води  $\gamma_в$ , при температурі досліджу (тому що питома вага води залежить від температури):

$$V = V_в = \frac{P_в}{\gamma_в} \quad (4)$$

Підставляючи замість  $P_2$  його значення з (3), отримаємо:

$$V = \frac{P_3 - P_2}{\gamma_в}$$

3) визначення питомої ваги тіл;

Виходячи з формул (1,2,4) отримуємо:

$$\gamma_T = \frac{P_1 - P_2}{P_3 - P_2} \gamma_6 \quad (5)$$

4) визначення густини тіл за формулою;

$$\rho = \frac{\gamma_T}{g} \quad (6)$$

Великий вплив на результати вимірювання можуть створювати капілярні сили, що діють на ареометр. Тому при проведенні вимірювань необхідно слідкувати за тим, щоб поверхня води в посудині та ареометр були весь час чисті. Дослід необхідно зробити не менше ніж з двома досліджуваними тілами. Величину  $\gamma_a$  знаходять по таблиці, з урахуванням температури води.

Можна вважати, що температура води дорівнює температурі повітря, якщо вода довгий час знаходилась в лабораторії.

<i>I досліджуване тіло</i>					
$P_1,$ Н	$P_2,$ Н	$P_3,$ Н	$V,$ м <sup>3</sup>	$\frac{\gamma_T}{g},$ Н/м <sup>3</sup>	$\rho,$ кг/м <sup>3</sup>

5). оформити звіт, результати занести у таблицю

## Лабораторна робота «Вивчення коефіцієнта в'язкості рідини методом Стокса»

### Мета роботи:

1. Вивчити механізм явища переносу – внутрішнє тертя.
2. Визначити коефіцієнт внутрішнього тертя рідин за швидкістю падіння кульки.

Прилади та матеріали: Скляний циліндр, наповнений рідиною; металеві кульки; мікрометр; секундомір.

### Метод вимірювання:

За законом Ньютона сила внутрішнього тертя  $F$ , що діє в площині дотикання двох паралельних суміжних шарів рідини (або газу), пропорційна площі їх

дотикання  $S$  та градієнтові швидкості:  $\frac{\Delta V}{\Delta Z}$

$$F = \pm \eta \frac{\Delta V}{\Delta Z} S, \quad (1)$$

де  $\Delta V = V_2 - V_1$ ,  $V_1$  і  $V_2$  — швидкості шарів;  $\Delta Z$  - відстань між шарами; знаки  $\pm$  у формулі (1) відповідає гальмуючій і прискорюючій силам.

*Коефіцієнт пропорційності  $\eta$  називається коефіцієнтом внутрішнього тертя, яка діє на одиницю площі дотикання шарів при градієнтові швидкості, що дорівнює одиниці.*

Завдяки в'язкості тіло, що рухається в рідині захоплює прилеглі до нього шари і тому зазнає опору з боку рідини. За законом Стокса при невеликій швидкості руху тіла сила опору  $F$  пропорційна коефіцієнту в'язкості  $\eta$ , швидкості тіла  $V$ , та його лінійним розмірам для кульки радіусу  $r$ ,

$$F = 6\pi \cdot \eta \cdot V \cdot r. \quad (2)$$

На кульку масою  $m$  і радіусом  $r$ , що рухається в рідині зі швидкістю  $V$ , діють три сили: сила опору  $F$ , сила тяжіння  $F_T$  та Архімедова сила  $F_A$ . Останні дві сили визначаються за формулами:



$$F_D = mg = \frac{4}{3}\pi\rho_1 g, \quad (3)$$

$$F_A = \frac{4}{3}\pi\rho_2 g, \quad (4)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\rho$  – густина кульки.

При вертикальному падінні кульки в рідині сила опору, як і Архімедова сила, направлена в гору. Оскільки  $F_T$  та  $F_A$  сталі, а сила  $F$  зростає зі збільшенням швидкості, то настане такий момент, коли буде досягнуто рівності:

$$F_T = F_A + F.$$

Починаючи з цього моменту, рух кульки буде рівномірним. Підставляючи в останню рівність вирази (2) – (4) маємо:

$$\frac{4}{3}\pi r \rho_1 g = \frac{4}{3}\pi r \rho_2 g + 6\pi\eta r V$$

Звідси знаходимо:

$$\eta = \frac{2}{9} g \frac{\rho_1 - \rho_2}{V}$$

Або:

$$\eta = \frac{1}{18} g \cdot \frac{d^2 t}{l} (\rho_1 - \rho_2), \quad (5)$$

де  $d=2r$ , а  $l=Vt$  – шлях, який пройшла кулька за час  $t$

$$\rho_1 = 11,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3, \quad \rho_2 = 1,26 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

#### Порядок виконання роботи

1. Виміряти відстань  $l$  між мітками „а" та „в" циліндричної посудини, що наповнена рідиною (гліцерин, касторове масло).
2. Мікрометром виміряти діаметр  $d$  трьох кульок (приблизно однакових).
3. Кидати кульку в рідину таким чином, щоб вона рухалась вздовж центральної частини циліндра; зафіксувати час падіння кульки  $t$  між мітками

„а" та „б".

4. Результати прямих вимірювань  $d$ ,  $l$ ,  $t$  та табличні дані  $\rho_1, \rho_2, g$  занести у таблицю.

5. Обчислити значення  $\eta$  за формулою (5) для кожного вимірювання, а потім знайти  $\eta_{сер}$ ,  $\Delta\eta$ ,  $\Delta\eta_{сер}$ .

Кінцевий результат подати у вигляді:

$$\eta = (\eta_{сер} \pm \Delta\eta_{сер}) [\text{Па} \cdot \text{с}]$$

№п/п	Табличні дані			Результати прямих вимірювань			Результати непрямих вимірювань			
	$\rho_1, [\text{кг}/\text{м}^3]$	$\rho_2, [\text{кг}/\text{м}^3]$	$g, [\text{м}/\text{с}^2]$	$l, \text{м}$	$d, \text{м}$	$t, \text{с}$	$\eta, \text{Па} \cdot \text{с}$	$\eta_{сер}, \text{Па} \cdot \text{с}$	$\Delta\eta, \text{Па} \cdot \text{с}$	$\Delta\eta_{сер}, \text{Па} \cdot \text{с}$

## Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта поверхневого натягу методом відриву краплі»

Мета роботи :

1. Вивчити явище поверхневого натягу;
2. Визначити коефіцієнт поверхневого натягу рідині.

Прилади та обладнання :

1. Скляна бюретка з краном.
2. Колбочка.
3. Технічні терези з різновагами .
4. Мікрометр.

Метод вимірювання.

*При відриві краплі, що витікає з трубки, на неї діють сили: вага краплі  $P$  і рівнодіюча всіх сил поверхневого натягу  $F$ , що прикладена до лінії розриву.*

*Якщо сила поверхневого натягу більша ваги краплі, крапля не відірветься. При збільшенні розмірів краплі її вага збільшується і тоді коли вага краплі стає рівною результуючій сил поверхневого натягу, тобто при  $P=F$ , крапля відірветься. Таким чином, для визначення сили поверхневого натягу досить визначити вагу краплі, що відірвалася. Для цього визначають масу великої кількості крапель і обчислюють масу однієї краплі за формулою:*

$$m = \frac{M}{n},$$

де  $m$  - маса краплі,  $M$  - маса  $n$  крапель,  $n$  - число крапель.

Вага однієї краплі  $P = mg$  дорівнює силі поверхневого натягу  $F$ , яка визначається за формулою:

$$F = \sigma \cdot l,$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт поверхневого натягу,

$$l = \pi \cdot d - \text{периметр шийки краплі в момент її відриву.}$$

:

$$\sigma = \frac{F}{l} = \frac{mg}{\pi d},$$

Коефіцієнт поверхневого натягу визначається за данною формулою, де  $d$  – діаметр краплі в момент відриву

### Опис обладнання

Скляна бюретка з краном заповнена рідиною, закріплена на штативі, кран слугує для зміни швидкості витікання рідини. В нижній частині посудини знаходиться капіляр через який витікає досліджувана рідина.

### Хід роботи

1. На технічних терезах з точністю до 1,0 мЛг зважити порожню колбочку для визначення маси  $M_0$
2. Підставити під капілярну трубку порожню колбочку і при відкритому крані наливають воду в воронку. Промити обладнання, слідкуючи за тим, щоб в трубці не утворювалися бульбашки повітря.
3. Закрити кран скляної бюретки заповненої водою. Користуючись краном змінити швидкість витікання води, намагаючись, щоб за хвилину відривалось не більше 8 – 10 крапель. Коли режим витікання буде встановлено, підставити колбочку, вага якої  $M_0$ , і відрахувати кількість крапель задану викладачем.
4. Визначити масу  $M$  колбочки з краплями води.
5. Визначити з допомогою мікрометра діаметр капілярної трубки  $d$ .
6. Дослід повторити 3 рази.
7. Результати вимірювань занести в таблицю:

№ <i>n/n</i>	<i>n</i> , шт	$M_0$ , кг	$M_1$ , кг	$M=M_1-M_0$ , кг	$d$ , м	$\sigma$ , Н/м	$\sigma_{ср}$ , Н/м	$\Delta\sigma$ , Н/м	$\Delta\sigma_{ср}$ , Н/м
1									
2									

8. Обчислити коефіцієнт поверхневого натягу за формулою:

$$\sigma = \frac{M \cdot g}{n \cdot \pi \cdot d}$$

9. Обчислити абсолютну та відносну похибки, кінцевий результат записати у

вигляді:  $\sigma = (\sigma_{сер} \pm \Delta\sigma_{сер}) H / M$

## Лабораторна робота «Визначення вологості атмосферного повітря»

Мета роботи: Визначити абсолютну і відносну вологість повітря психрометром Августа.

Обладнання: 1 .Психрометр Августа, колба з дистильованою водою, таблиця тиску насиченої водяної пари при різних температурах.

### Будова та принцип дії приладу

Психрометр Августа, що використовується в даній роботі, складається з однакових двох ртутних термометрів, закріплених в спеціальній оправі. Резервуар кожного термометра захищено двома трубками з повітряним проміжком між ними. Цей захист разом з повітряним шаром захищає резервуари від нагрівання сонцем, для чого зовнішню поверхню трубок зроблено блискучими. Трубки з'єднані з головним повітропроводом, що знаходиться між термометрами і з'єднується верхнім кінцем з аспіратором. В аспіраторі є вентилятор, для обертання якого використовується механізм, пружина якого заводиться ключем. Цей механізм закритий ковпаком. Резервуар правого термометра обгорнено смужкою тканини (батист) в один шар. Перед роботою батист змочується дистильованою водою. Потім за допомогою ключа, приводиться в дію вентилятор, який втягує в прилад повітря, що обтікає резервуари обох термометрів. Це робиться для того, щоб забезпечити вимірювання вологості як найбільшого об'єму повітря. Завдяки затратам тепла на випаровування води з тканини, в яку загорнено резервуар термометра, цей термометр показує температуру  $t_1$ , „сухого" термометра, що відповідає температурі навколишнього повітря. Чим менша відносна вологість, тим інтенсивніше випаровування і нижче показники „вологого" термометра. Таким чином, різниця температур „сухого" і „вологого" термометрів характеризує вологість повітря. Температура „вологого" термометра перестає знижуватись, коли кількість тепла  $Q_2$ , що іде на

випаровування води з поверхні тканини за деякий час, дорівнює притоку тепла  $Q_1$ , ззовні, за той же час, тобто  $Q_2 = Q_1$ ,

За законом Ньютона приплив теплоти

$$Q_1 = \alpha(t_1 - t_2)ST, \quad (1)$$

де  $S$ - поверхня резервуара „вологого"термометра;

$\alpha$  - коефіцієнт пропорційності;

$t_1$  - температура „сухого" термометра;

$t_2$  - температура „вологого"

термометра;

Кількість тепла  $Q_2$  пропорційна швидкості  $V$  та часу  $T$

$$Q_2 = b \cdot V \cdot T,$$

де  $b$ - коефіцієнт пропорційності. випаровування

Згідно закону Дальтона за формулою для швидкості випаровування

$$V = \frac{kS}{H} \cdot (E - e),$$

де  $E$  - пружність насиченої пари при температурі  $t_2$

$e$  - пружність пари, що міститься в повітрі (парціальний тиск водяної пари);

$H$ - атмосферний тиск;  $k$  - коефієнт пропорційності.

$$Q_2 = \frac{b \cdot k}{H} S(E - e)T. \quad (2)$$

Прирівнюючи  $Q_1$  і  $Q_2$  отримуємо формулу для визначення абсолютної вологості повітря:

$$e = E - A \cdot H(t_1 - t_2) \quad (3)$$

Величина  $A$  називається психрометричною сталою, і залежить від швидкості

руху повітря, що протікає навколо „вологого" резервуару термометра.

$A = \frac{a}{h \cdot k}$  постійна приладу.

Для психрометра Августа  $A=0,0008$  град

Відносною вологістю повітря  $r$ , називають виражене у відсотках відношення парціального тиску  $e$  водяної пари, що міститься у повітрі при даній температурі (абсолютна вологість), до тиску  $E'$ , насиченої водяної пари при тій самій температурі:

$$r = \frac{e}{E'} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де  $E'$  - пружність насиченої пари при температурі  $t_1$ .

#### Хід роботи

1. Змочити тканину на резервуарі 2. для цього правий термометр занурити в колбочку з водою на 20 с.

2. Обережно, щоб не зірвати пружину, завести вентилятор.

3. На четвертій хвилині, після пуску вентилятора, виконати відлік температури термометром.

4. Пружині вентилятора дати повністю розкрутитися, після чого дослід повторити (змочують термометр, заводять пружину іт.п.).

5. Вимірювання  $t_1$  і  $t_2$  необхідно зробити не менше 3-х разів, і результати занести в таблицю:

№	$t_1^\circ$ С	$t_2^\circ$ С	$t_1 - t_2^\circ$ С	$E'$ , Па	$H$ , Па	$E$ , Па	$e$ , Па	$e_{\text{сеп}}$ Па	$\Delta e$ , Па	$\Delta e_c$ , Па	$r, \%$	$r_{\text{сеп}}, \%$	$\Delta r, \%$	$\Delta r_{\text{сеп}}, \%$
1.														
2.														
3.														

Значення  $E$  і  $E'$  беруть із таблиці в кінці роботи. ( $E$  відповідає температурі  $t_2$ , а  $E'$  температурі навколишнього повітря). При користуванні таблицек значення  $E$  та  $E'$  перерахувати в системі СІ, тобто в Па.

760 мм рт. ст. =  $1,013 \cdot 10^5$  Па. Тиск  $H$  визначають по барометру, що знаходиться в лабораторії.



6. Величину  $e$  визначити по формулі (3). Кінцевий результат для пружності водяних парів записати у вигляді:

$$e = e_{cep} \pm \Delta e_{cep}, \text{ Па}$$

7. Відносну вологість визначити по формулі (4). Кінцевий результат для пружності водяних парів записати у вигляді:

$$r = r_{cep} \pm \Delta r_{cep}, \%$$

## Лабораторна робота «Визначення коефіцієнта Пуассона газу методом адіабатичного розширення»

### Обладнання

Установка для визначення коефіцієнта Пуассона газу методом адіабатичного розширення  $c_p / c_v$

### Метод вимірювання і опис установки

Експериментальна установка складається з металевого сифона, який приєднаний трубками з компресором та U- подібним манометром, який наповнений рідиною. Надлишковий, в порівнянні з атмосферним, тиск у сифоні буде фіксуватись манометром при відкритому клапані, який приводиться в дію натисканням на ручку сифона.

В початковому стані рідина в трубках манометра має один рівень, а повітря в сифоні займає його об'єм  $V$  при атмосферному тиску  $H$ . За допомогою компресора нагнітають за деякий час повітря у сифон. Тиск у сифоні підвищується збільшується його температура. Натисканням на ручку сифона, фіксуємо різницю рівнів рідини у манометрі. Роз'єднавши трубку, яка підведена до компресора та натиснувши короткочасно на ручку сифона, випускаємо частину повітря, доки тиск у сифоні не зрівняється з атмосферним. Під'єднавши знову трубку до сифона фіксуємо різницю рівнів рідини у манометрі. Так як вирівнювання тиску проходить досить швидко теплообміном з навколишнім середовищем можна знехтувати і рахувати процес адіабатичним. Газ масою  $m$ , що залишився в сифоні займає об'єм сифона  $V$  при атмосферному тиску  $H$  і температурі  $t_2^0 < t_1^0$ .

До відкриття крану А в сифоні знаходилось більше повітря, тому повітря масою  $m$  займало об'ємі  $V_1 < V_2$  при тиску  $H+h$ , і кімнатній температурі  $t_1$ .

Параметри газу масою  $m$  до відкриття крану А зв'язані з параметрами газу при відкритому крані А рівнянням Пуассона

$$(H + h_1) \cdot V_1^\gamma = H \cdot V_2^\gamma \quad (1)$$

Після деякого часу температура повітря в сифоні внаслідок теплообміну знову стане рівною  $t_1$ , а тиск з підвищенням температури зросте до  $H+h_2$ ,

де  $h_2$  різниця рівнів в манометрі. По закону Бойля-Марріота ( $t_1 = t_2$ )

$$(H + h_1) \cdot V_1 = (H + h_2) \cdot V_2 \quad (2)$$

$$(H + h_1)^\gamma \cdot V_1^\gamma = (H + h_2)^\gamma \cdot V_2^\gamma \quad (3)$$

Поділимо почленно (3) на (2)

$$\frac{(H + h_1)^\gamma V_1^\gamma}{(H + h_1) V_1^\gamma} = \frac{(H + h_2)^\gamma \cdot V_2^\gamma}{H \cdot V_2^\gamma}$$

Прологарифмуємо обидві частини одержаного рівняння

$$\gamma \ln(H + h_1) - \ln(H + h_1) V_1^\gamma = \gamma \cdot \ln(H + h_2) - \ln(H)$$

Якщо тиски  $H$ ,  $H + h_1$  і  $H + h_2$  ненабагато відрізняються один від одного, то різниці їх логарифмів приблизно пропорційні різницям тисків

$$\gamma = \frac{(H + h_1) - H}{(H + h_1) - (H + h_2)} = \frac{h_1}{(h_1 - h_2)} \quad (4)$$

#### Хід роботи

1. Для подачі повітря у сифон необхідно включити компресор і через деякий час, приблизно через 20 с, відкрити клапан, натиснувши ручку сифона.
2. Зафіксувати різницю рівнів рідини в манометрі відпустивши ручку сифона і зняти покази  $h_1$  яке відповідає цій різниці.
3. Для сполучення сифона з атмосферою необхідно роз'єднавши

трубку, яка підведена до компресора, натиснути на ручку сифона на 1-2 секунди і знову відпустити.

4. Під'єднати трубку до сифона і після встановлення рівня рідини в манометрі, зняти показники  $h_2$  яке відповідає цій різниці.

Дослід-повторити 3 рази. Дані внести до таблиці:

$N_0$	$h_1$	$h_2$	$\gamma$	$\gamma_{cp}$	$\Delta\gamma$	$\Delta\gamma_{cp}$
1						
2						
3						

6. Значення  $\gamma$  знаходиться по формулі (4) для кожного досліду окремо.

7. Знайти похибку для кожного досліду, кінцевий результат записати у вигляді:

$$\gamma = \gamma_{cp} + \Delta\gamma_{cp}$$

## Лабораторна робота «Вимірювання коефіцієнта лінійного розширення металу»

### Мета роботи

Визначити опір холодного і нагрітого металевого дроту, та його видовження при нагріванні та коефіцієнт лінійного видовження.

### Прилади та обладнання

Ніхромовий дріт (Ni-90%, Cr-10%), джерело постійного струму, вольтметр, амперметр, пружина, шкала для вимірювання довжини дроту.

### Лабораторна установка та методика вимірювань

Схема лабораторної установки на стенді.

Ніхромовий дріт закріплено між клемми 2 і 3, причому клемма 3 з'єднана з пружиною 4. По дроту протікає постійний струм. Сила струму  $I$  вимірюється амперметром  $A$ , а напруга  $U$  – вольтметром. За законом Джоуля-Ленца в провіднику, по якому протікає струм, виділяється тепло

$$Q = I^2 R t = U I t, \quad (1)$$

де  $t$  – час проходження струму через провідник,  $R$  – опір провідника,  $I$  – сила струму,  $U$  – напруга .

Провідник нагрівається, опір металу збільшується із збільшенням температури за законом

$$R_2 = R_1 [1 + \beta \cdot (t_2 - t_1)], \quad (2)$$

де  $R_1$  – опір провідника при кімнатній температурі  $t_1$  °C

$R_2$  – опір провідника при нагріванні його до температури  $t_2$  °C

$\beta = 4 \cdot 10^{-2} \text{ 1/C}^0$  – температурний коефіцієнт ніхромового дроту.

З співвідношення (2) можна визначити різницю температур якщо

відомі величини опорів  $R_1$  і  $R_2$ .

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{R_2 - R_1}{R_1 \cdot \beta} \quad (3)$$

Опір  $R_1$  визначаємо за формулою

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{\pi d^2 / 4}, \quad (4)$$

де  $l_1=0,35\text{м}$  – довжина дроту при кімнатній температурі,

$d=0,4\text{мм}$  – його діаметр,

$\rho=10^{-6}\text{Ом}\cdot\text{м}$ . – питомий опір ніхромового дроту

Опір дроту  $R_2$  при температурі  $t_2$  визначається за законом Ома для ділянки кола

$$R_2 = \frac{U}{I} \quad (5)$$

Видовження дроту  $\Delta l = l_2 - l_1$  при нагріванні вимірюється по шкалі стенда

#### Виконання роботи

1. Ввімкнути джерело струму. Зачекати 2 – 3 хв. Поки дріт нагрівається до максимальної температури і настане стан теплової рівноваги. Виміряти силу струму, напругу і видовження проводу  $\Delta l$ . Дослід повторити 3 рази і визначити середнє значення  $I$  та  $U$ .
2. Виміряти температуру повітря  $t_1$  в лабораторії.
3. По формулі (4) обчислити опір проводу  $R_1$  при температурі  $t_1$ .
4. Для значень  $I$  та  $U$  визначити опір проводу  $R_2$  при температурі  $t_2$ , використовуючи закон Ома (5).
5. Використовуючи співвідношення (3), обчислити різницю температур  $t_2-t_1$ . Знайти температуру нагрітого проводу  $t_2$ .
6. За формулою визначити коефіцієнт лінійного розширення

$\alpha$  для ніхромового дроту

$$\alpha = \frac{\Delta l}{l_1(t_2 - t_1)}$$

7. Порівняти кінцевий результат  $\alpha$  з табличним значенням.

8. Оформити звіт, обчислення занести у таблицю:

$I,$ А	$U,$ В	$l_1,$ мм	$l_2,$ мм	$\Delta l,$ мм	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$\Delta t,$ С <sup>0</sup>	$\alpha,$ град <sup>-1</sup>

## Лабораторна робота «Розширення меж вимірювання електровимірювальних приладів»

Мета: ознайомитись з принципом дії електровимірних приладів і методами розширення меж вимірювання цих приладів.

### Теоретична частина

Електровимірні прилади безпосередньої оцінки засновані на використанні різних фізичних явищ, зв'язаних з проходженням електричного або утворенні електромагнітного поля. Такі фізичні явища, як, наприклад, взаємодія контурів, по яких проходить струм, з полем постійного магніту (магнітоелектричні прилади), взаємодія двох контурів з струмом (електромагнітні прилади), використовуються для перетворення вимірюваної величини в кутове або лінійне переміщення рухомої частини приладу.

*Чутливістю* електровимірного приладу називається відношення лінійного або кутового переміщення  $S$  до вимірюваної величини, що викликає це переміщення

$$S = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta \alpha}{\Delta x} = \frac{d\alpha}{dx},$$

де:  $S$  – чутливість приладу,  $x$  - вимірювана величина,  $\alpha$  - кутове або лінійне переміщення стрілки приладу.

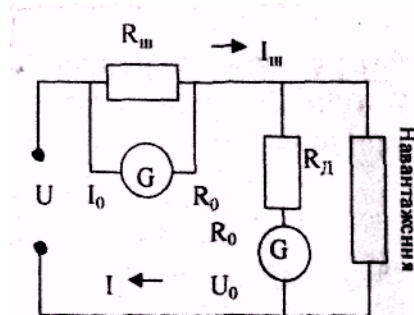
Таке означення чутливості приладу не відноситься до інтегруючих приладів (лічильників), відлік яких не може повторюватись.

При рівномірній шкалі чутливість приладу постійна для будь-якої точки шкали. При нерівномірній шкалі чутливість приладу неоднакова, тобто, одній і тій же зміні вимірюваної величини в різних точках шкали відповідають різні лінійні або кутові переміщення стрілки. Чутливість приладу має розмірність, що залежить від характеру вимірюваної величини. Тому говорять: «чутливість до струму», чутливість до напруги».



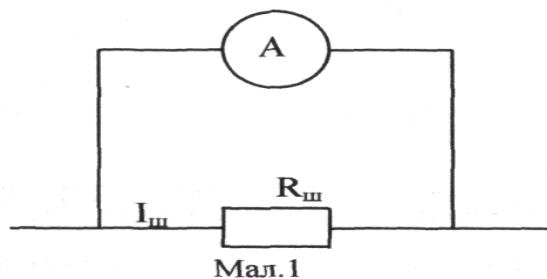
Іноді на приладах вказується величина, обернена до чутливості - це ціна однієї поділки - так шана *стала приладу*. Щоб визначити значення вимірюваної величини потрібно ціну поділки помножити на те число поділок, на яке показує стрілка приладу при вимірюванні.

Як відомо, амперметр застосовується для вимірювання струму і вмикається в коло послідовно з навантаженням, або з паралельним ввімкненням до нього шунта з опором  $R_{ш}$  а вольтметр - паралельно до тих точок кола, між якими потрібно виміряти напругу, або в послідовному з'єднанні з додатковим опором  $R_{д}$ . На малюнку показано схематичне ввімкнення амперметра і вольтметра, де  $G$  - вимірний прилад з опором  $R_0$ , який безпосередньо може виміряти силу струму до значення  $I_0$ , і напругу до  $U_0$ . Так, як величина струму, що протікає через вимірний механізм, пропорційна напрузі, прикладений до затискачів приладу, то, очевидно, що принципової різниці у внутрішній будові амперметрів і вольтметрів може й не бути, тобто, будь-яким амперметром можна вимірювати напругу, а вольтметром - струм. Питання лише в тому, які будуть межі вимірювання приладом при такому його використанні і наскільки змінюються параметри, а значить, і режим кола при ввімкненні в нього приладів, особливо якщо джерело, що живить це коло, має малу потужність. Щоб зміна режимів кола була незначною, опір амперметра повинен бути меншим, а опір вольтметра навпаки-більшим. З цієї точки зору важливим критерієм вольтметра є його внутрішній опір в Омх на 1 В шкали.



Кожний вимірний прилад базується на визначенні значення струму  $I_0$  та напруги  $U_0$ . Розширення меж вимірювання здійснюється або спеціальною конструкцією приладу або ввімкненням вимірного механізму через шунти у амперметрах або додаткові опори у вольтметрах.

Розширення меж вимірювання амперметра та вимірювання струму амперметром.



Амперметр - прилад, який застосовується для вимірювання величини струму. Він вмикається у коло послідовно зі споживачем. Будь-який електровимірний прилад при ввімкненні в коло не повинен вносити помітних змін в режим роботи кола. Отже, амперметр повинен мати дуже малий внутрішній опір.

Для розширення меж вимірювання струму до приладу (І приєднується паралельно провідник опору  $R_{ш}$  що називається шунтом (мал. 1).

Опір шунта  $R_{ш}$  розраховується таким чином. За першим законом Кірхгофа маємо:

де:  $I_0$  - найбільший струм, який може виміряти прилад без шунта,  $I$  найбільший струм, який буде вимірювати прилад з шунтом.

За другим законом Кірхгофа для контура  $AR_0BR_{ш}A$  маємо:

$$I_0 R_0 - I_{ш} R_{ш} = 0 \quad (2)$$

Підставляючи  $I_{ш}$  з формули (1) в формулу (2), одержимо:  
 $I_0 R_0 = (I - I_0) R_{ш}$ , звідки:

$$R_{ш} = \frac{I_0 R_0}{I - I_0} \quad (3)$$

Таким чином, для визначення опору шунта потрібно знати характеристики приладу  $R_0$   $I_0$  і те максимальна значення струму  $I$ , для якого розраховується шунт. Значення  $I_0$  визначається з формули:  $I_0 = K \cdot N$  (4)

де:  $K$  - ціна поділки приладу по струму,  $N$  - число поділок на шкалі приладу.

Формулу (3) можна записати в такому вигляді:

$$R_{ш} = \frac{R_0}{n-1_0} \quad (5)$$

де:

$$n = \frac{I}{I_0} \quad (6)$$

показує у скільки разів розширюється межа вимірювання амперметра.

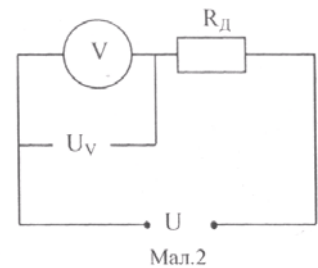
Б. Розширення меж вимірювання вольтметра та вимірювання напруги вольтметром.

Вольтметр - прилад, яким вимірюється напруга. Він вмикається в коло паралельно і тому повинен мати великий внутрішній опір.

Для розширення меж вимірювання вольтметра послідовно з ним приєднується додатковий опір  $R_d$  (мал. 2), величина якого розраховується так. Нехай опір приладу  $R_0$  і вий розрахований для вимірювання напруги до  $U_0$ . Необхідно розрахувати значення додаткового опору  $R_d$ , з яким прилад зможе вимірювати напругу до значення  $U$ . Очевидно, що:

$$U = U_x + U_0; \quad (7)$$

$$I_0 = \frac{U_0}{R_0} = \frac{U_d}{R_d} \quad (8)$$



Підставляючи  $U_d$  з (7) у (8), одержимо:  $\frac{U_0}{R_0} = \frac{(U-U_0)}{R_d}$   
звідки:

$$R_d = \frac{R_0(U-U_0)}{U_0} = R_0(n-1) \quad (9)$$

де:  $n = U/U_0$  (10) показує, у скільки разів розширюється межа вимірювання вольтметра.

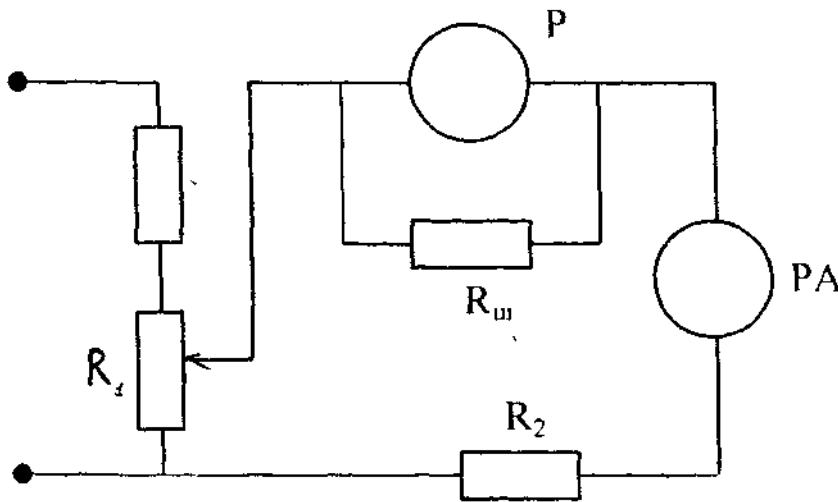
Таким чином, для визначення величини додаткового опору необхідно знати параметри (характеристики) приладу  $R_0$ ,  $U_0$ , і те максимальне значення напруги  $U$  для якого розраховується додатковий опір. Значення  $U_0$  для даного приладу можна визначити, знаючи ціну поділки за напругою  $K_0$  і кількість поділок  $N$  на шкалі приладу:

$$U_0 = K_0 N \quad (11)$$

Порядок виконання роботи

Зробити схему (мал.3). Послідовно з навантаженням  $R_2$ , увімкнути досліджуванний прилад  $P$  і зразковий  $PA$ .

Зняти залежність числа поділок шкали приладу  $P$  від сили струму приладу  $PA$ ; записати результати в таблицю. Побудувати графік залежності  $n(I)$ . Визначити ціну поділок і чутливість приладу .



Мал.3

Визначити коефіцієнт шунтування  $K$  і, знаючи опір шунта, визначити внутрішній опір амперметра  $R_A$

Таблиця 1.

№	N число поділок	I mA
1		
2		
3		

2. Градування вольтметра по постійній напрузі.

Як вольтметр використовується той же прилад, що і при виконанні попереднього завдання, до якого підключається додатковий резистор

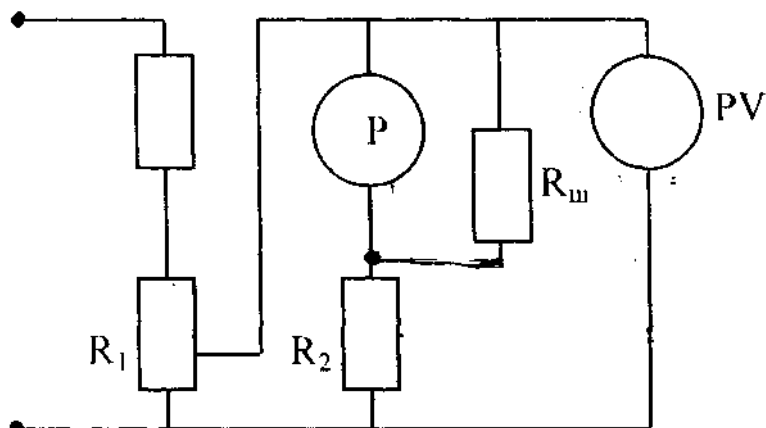
$$R_d = R_2$$

Зібрати схему (мал.4)<sup>д</sup>.

Зняти залежність числа поділок приладу  $n$  від напруги між точками А і В.  
результати записати в таблицю 2.

Побудувати градуїровочний графік  $n(U)$ .

Визначити ціну поділок і чутливість приладу.



Мал.4

Таблиця 2.

№	$n$ число поділок	$U$ mV
1		
2		
3		
Середнє		

## Лабораторна робота «Визначення опору методом мостової схеми»

Мета роботи: Вивчити метод мостової схеми і визначити невідомі опори цим методом.

Прилади і принадлежності: відомий опір ( $R=470$  Ом), невідомі опори ( $R_{x1}, R_{x2}, R_{x3}$ ); реохорд і гальванометр (нуль-індикатор); джерело постійної напруги.

### Теоретичні відомості.

Одним з найбільших точних методів вимірювання опорів є метод моста Уїтстона. Схема моста Уїтстона зображена на малюнку. Між клеммами А і В закріплено калібровий дріт –реохорд, що має рухомий контакт D; I – постійний струм від джерела постійного струму; R –відомий еталонний опір;  $R_x$  –невідомий опір; Г –гальванометр;  $l_1$  і  $l_2$  –плечі реохорда (довжина дроту).

Метод вимірювання опору при допомозі моста Уїтстона засновано на порівнянні невідомого опору з відомим опором. Нехай стум в плечах моста і в діагоналі CD спрямовані так, як показано на мал.1, тоді, згідно правилам Кирхгофа для розгалуженого кола, можна скласти такі 5 рівнянь з п'ятьма невідомими:

$$\text{для вузла C: } I_x - I_x - I_x = 0 \quad (1)$$

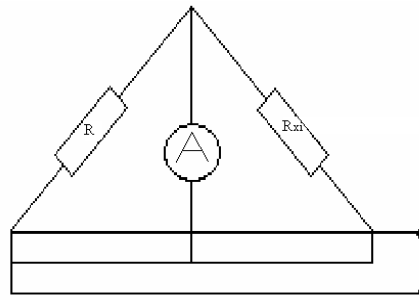
$$\text{для вузла D: } I_1 - I_2 - I_r = 0 \quad (2)$$

$$\text{для контура ACDA: } I_x R_x + I_r R_r = I_1 R_1 \quad (3)$$

$$\text{для контура ABEA: } I_1 R_1 + I_2 R_2 = U \quad (4)$$

$$\text{для контура CBDC: } I R - I_2 R_2 - I_r R_r = 0 \quad (5)$$

де  $R_r$  –опір гальванометра;  $R_1$  і  $R_2$  –опір „плечей”  $l_1$  і  $l_2$  –реохорда.



Змінюючи положення рухомого контакту D реохорда (і таким чином змінюючи співвідношення між  $l_1$  і  $l_2$ ), можливо домогтися того, щоб потенціал точки D дорівнював би потенціалу точки C ( $\varphi_D = \varphi_C$ )

В цьому випадку струм через гальванометр не іде (міст збалансовано). Враховуючи це ( $I_g=0$ ), рівняння (1 –5) можна спростити:

$$I_x = I_r \quad (6)$$

$$I_1 = I_2 \quad (7)$$

$$I_x R_x = I_x R_x \quad (8)$$

$$I R = I_2 R_2 \quad (9)$$

Поділивши два основні рівняння одне на одне отримаємо:

$$\frac{I_x R_x}{I R} = \frac{I_1 R_1}{I_2 R_2} \quad (10)$$

Враховуючи співвідношення (6) і (7) вираз (10) можна спростити:

$$R_1 = \rho \frac{l_1}{S} \quad (11)$$

$$R_2 = \rho \frac{l_2}{S} \quad (12)$$

де  $\rho$  --питомий опір дроту реохорда; S –площа поперечного перерізу дроту.

Підставляючи значення  $R_1$  і  $R_2$  в співвідношення (11), отримаємо формулу для визначення питомого опору:

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2}$$

Таким чином, підібравши відповідну довжину „плечей” реохорда  $l_1, l_2$  і знаючи еталонний опір R, можна знайти  $R_x$ .

### Виконання роботи.

1. Скласти схему відповідно мал. 1 з резистором  $R_x$ .
2. Після перевірки схеми викладачем включити електроживлення. Переміщуючи повзунок (рухомий контакт) реохорда  $l_1$  і  $l_2$ , записати результати в таблицю вимірів.
3. По формулі  $R_x = \frac{l_1}{l_2} R$  знайти невідомий опір. Результати занести у таблицю.
4. Роз'єднати  $R_{x1}$  і підключити замість нього  $R_{x2}$ , потім  $R_{x3}$ , повторити виміри і визначити  $R_{x2}$  і  $R_{x3}$ . Результати занести до таблиці.
5. Приєднати до клеми А і С три резистори з'єднані послідовно ( $R_{x1}$ ,  $R_{x2}$ ,  $R_{x3}$ ) і виміряти їх загальний опір згідно пункту 2 і 3. Результати занести до таблиці.
6. Приєднати до клеми А і С три резистори  $R_{x1}$ ,  $R_{x2}$ ,  $R_{x3}$  з'єднаних паралельно і виміряти їх загальний опір згідно пункту 2 і 3. Результати занести до таблиці.
7. Знаючи величину опорів при  $R_{x1}$ ,  $R_{x2}$ ,  $R_{x3}$  вирахувати по теоретичним формулам опір при їх паралельному і послідовному з'єднанні. Записати результати до таблиці.

$$R_{заг.} = R_1 + R_2 + R_3 \qquad \frac{1}{R_{заг.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

8. Знайти похибку метода вимірювання враховуючи, що

$$\frac{\Delta R}{R_{тер}} \times 100\% = 2\% ;$$

$$\Delta R = R_{тер} - R_{досл.}$$



№	$l_1$	$l_2$	$R_{x_1}$	$R_{x_2}$	$R_{x_3}$	Результати отримані дослідним шляхом		Теоретичні розрахунки	
						$R_{\text{посл}}$	$R_{\text{пар}}$	$R_{\text{посл}}$	$R_{\text{пар}}$
1.									
2.									
3.									
4.									
5.									

## Лабораторна робота «Дослідження термоелектрорушійної сили термопар»

Мета роботи: визначити залежність між термоелектрорушійною силою і різницею температур спаїв термопар.

Прилади і обладнання: термопара; чутливий гальванометр; два термометра (від  $0^{\circ}$  до  $100^{\circ}$  C); два термостати; електричне коло з живленням і нагрівачем.

### Теоретичні відомості.

При з'єднанні двох різних металів (наприклад мідь залізо, хромель - копель, константан і мідь і т. п.) між ними виникає так звана контактна різниця потенціалів, але її неможливо використати для збудження струму в замкнутому колі, якщо температура контактів, спаїв однакова.

Але якщо підігрівати, чи охолоджувати лише один зі спаїв, то завдяки різниці температур спаїв в замкнутому колі виникає струм, який можливо виміряти чутливим приладом.

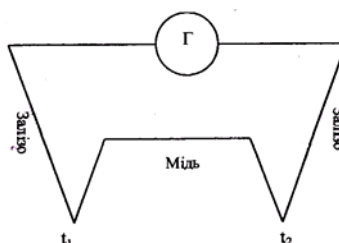


Рис.1

*Величина термоелектрорушійної сили (ТЕРС) термопар* залежить не тільки від температур спаїв, але і від природи металів, що створюють дану термопару, тобто від роботи виходу електронів і концентрації електронів у металі.

*Робота виходу електронів* визначається тою енергією, яку повинен мати електрон щоб вийти з поверхні метала в навколишній простір.

*Концентрація електронів* визначається кількістю електронів в  $1\text{м}^3$

цього металу.

На рис. 1 зображена принципова схема термопари де використовується контактна різниця потенціалів двох спаїв, які мають різну температуру.

Якщо підігрівати чи охолоджувати один із спаїв, то внаслідок різниці температур спаїв кожен з них буде мати свою контактну різницю потенціалів ( $T_1 \neq T_2$  і  $U_1 \neq U_2$ ), а потім у колі виникає так звана термоелектрорушійна сила, яка викличе термоелектричний струм.

*Величина електрорушійної сили термопари залежить не тільки від різниці температури спаїв, але і природи металів, що створюють цю термопару (робота виходу електронів і їх концентрація).*

Якщо різниця температур спаїв порядку  $100^\circ \text{C}$ , то термо-ЕРС термопари змінюється прямо пропорційно різниці температур спаїв.

$$E = k(t_1 - t_2),$$

(10)

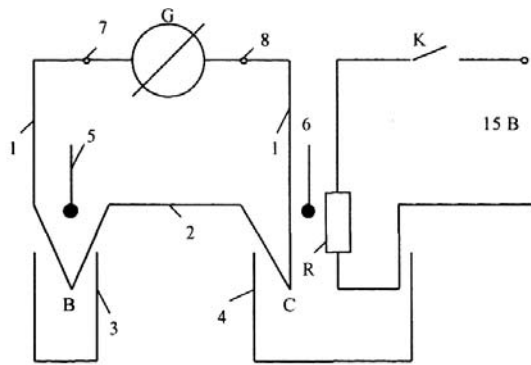
де коефіцієнт  $k$  дорівнює термоелектрорушійній силі, що виникає при різниці температур в  $1^\circ \text{C}$  і який є характерною величиною для кожної пари металів. Так, наприклад, для пари «константан - залізо»  $K=50 \text{ мкВ/гр.}$  «константан - мідь» -  $K=41 \text{ мкВ/гр.}$  ( $1 \text{ мкВ}=10^{-6} \text{ В}$ )

Величину термо-ЕРС термопари можна знайти по величині термоструму, що показує гальванометр.

Якщо на шкалі гальванометра замість величини струму нанести відповідну різницю температур між спаями, то така термопара з проградуєваним чутливим гальванометром може бути термоелектричним термометром.

Опис лабораторної установки.

Принципова електрична схема установки приведена на рисунку.



Термопара складається із двох різнорідних провідників сплавів хромель (1) і конпель (2). Місця спаїв В і С занурені в термостати (3) і (4), які заповнені стеарином. Сюди ж занурені термопари (5) і (6). В термостаті (4) розміщений нагрівальний елемент R, який підключається через перемикач К до джерела постійної напруги 15В. Контакти (7) і (8) використовуються для підключення мілівольтметра (G).

#### Виконання роботи.

1. Записати термопару Т холодного спаю.
2. Перемикачем К замкнути живлення нагрівального елемента і нагріти термостат (4) на  $4^{\circ} - 5^{\circ} \text{C}$ , після чого вимкнути живлення нагрівального елемента. Коли температура стабілізується, визначити по шкалі мілівольтметра величину ТЕРС. Температуру нагрітого спаю Т і відповідну їй ТЕРС занести до таблиці вимірів (таб.1).
3. Продовжити нагрівати до  $60^{\circ} - 70^{\circ}\text{C}$  виконуючи вимірювання згідно пункту 2. Періодично контролювати температуру холодного спаю. Результати занести у таблицю 1.
4. Виключити нагрівний елемент і вимірювати ТЕРС при охолодженні спаю С, при тих же температурах, як і при нагріванні. Дані занести в таблицю.
5. Знайти середнє значення ТЕРС одержані при нагріві спаю і при його охолодженні
6. Відкласти на графіку на осі абсцис значення різниці температур, а

на осі ординат  $E$  в мікрвольтах і побудувати графік функції

$$\dot{A} = f(T_i - \dot{O}_\delta)$$

Таблиця 1

№	$T_{\text{хол}}$	$T_{\text{нагр}}$	$E_{\text{нагр}}$	$E_{\text{хол}}$	$E_{\text{сер}}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					

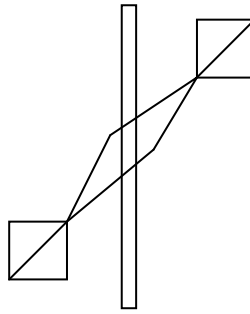
**Лабораторна робота «Визначення магнітного поля  
колового струму і визначення горизонтальної складової  
напруженості магнітного поля Землі»**

Мета роботи: Визначити залежність магнітного поля колового струму від сили струму, радіуса кільцевого провідника і числа витків, а також визначити горизонтальну складову індукції магнітного поля Землі.

Прилади та обладнання: амперметр, тангенс-гальванометр, джерело регульованого постійного струму, перемикач напрямку струму, набір монтажних провідників.

Опис лабораторної установки.

Визначення горизонтальної складової  $H$  напруженості поля Землі, виконується при допомозі приладу, який називають тангенс-гальванометром. Цей прилад являє собою коловий провідник з  $n$  вертикальних витків, які достатньо близько прилягають один до одного. В центрі витків розміщений компас, стрілка якого повертаючись навколо вертикальної осі, встановлюється під дією магнітного поля Землі вздовж горизонтальної складової напруженості  $H$ . Це дозволяє розмістити витки тангенс-гальванометра в площині магнітного меридіану. Струм, який протікає по виткам тангенс-гальванометра створює магнітне поле, діюче на стрілку компаса. Стрілка встановлюється по напрямку рівнодіючої напруженості обох магнітних полів (рис.1).



Так як вектор напруженості магнітних полів колового струму  $H$ , і вектор  $H$  Землі взаємно перпендикулярні, то їх рівнодіюча є діагоналлю паралелограма зі сторонами  $H$ , і  $H$ . Тому,

$$H_x = \frac{H}{\operatorname{tg} \varphi}$$

де  $H = \frac{n \cdot I}{2 \cdot r}$  --напруженість колового струму,  $n$  –кількість витків,  $I$  –величина струму,  $r$  –радіус витків.

Таким чином, для визначення напруженості  $H$  одержуємо формулу:

$$H_x = \frac{n \cdot I}{2 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \varphi} \quad (2)$$

Для даної місцевості на Землі і для даного приладу величина

$$C = \frac{I}{\operatorname{tg} \varphi} = \frac{2 \cdot r \cdot H_x}{n} \quad (3)$$

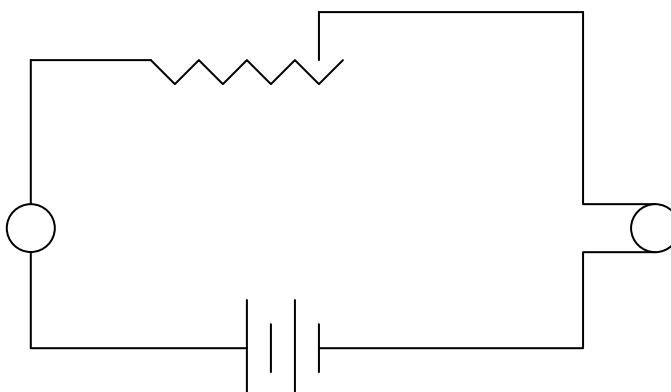
$C$  –величина стала і називається сталою тангенс-гальванометра. При відхиленні магнітної стрілки на  $\varphi = 45^\circ$ , вона чисельно дорівнює величині струму, який протікає по виткам, тобто коли  $H_x = H$ .

### Порядок виконання роботи.

Частина 1.

1. В електричне поле, яке зібране на панелі, підключити тангенс-гальванометр згідно схеми на рис.2. Визначити кількість витків та їх

радіус.



2. Повертаючи основу тангенс-гальванометра, встановити площину колового струму по напрямку магнітної стрілки, тобто в напрямку магнітного меридіана.

3. Ввімкнути тумблером електричний струм, визначити кут відхилення магнітної стрілки.

4. Перемкнувши тумблер на панелі змінити напрям колового струму і визначити кут відхилення.

5. Із одержаних значень знайти середню величину кута відхилення:

$$\varphi_{\text{ср.}} = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

Виміри провести для 5 різних значень струму.

6. Підрахувати значення магнітної складової Землі  $H_x$  для кожного значення струму згідно формули (2). Кінцевий результат представити ц вигляді:

$$H_x = H_{xcc} \pm \Delta H_{xcc}$$

7. визначити постійну тангенс-гальванометра  $C$ , згідно формули (3) і представити у вигляді:

$$C = C_{\text{ср.}} \pm \Delta C_{\text{ср.}}$$



Результати занести до таблиці:

№ пп	I (ma)					Hxi	ΔHxi	C	ΔC	B
1.										
2.										
3.										
4.										
5.										

Частина 2.

1. До електричного поля на панелі підключити один виток тангенс-гальванометра.

2. Тумблером ввімкнути джерело струму, при цьому регулятором встановити мінімальну величину струму.

3. Змінюючи величину струму підрахувати значення B згідно формули:

$$B = \mu_0 \frac{n \cdot I}{2 \cdot r} \quad (4)$$

де  $n=1$ ,  $r$ =радіус витка,  $\mu_0$ =магнітна сила.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н\м}$$

Результати занести до таблиці, побудувати графік залежності B(I).

4. Залишаючи незмінним струм в електричному колі проробити дослід з усіма витками тангенс-гальванометра підключаючи по черзі відповідні клеми, та заміряючи радіус і кількість витків.

Зробити висновок відносно відповідності результатів дослідження формул (4)

## Лабораторна робота «Визначення питомого заряду методом магнетрона»

### Теоретична частина

В даній роботі відношення  $e/m$  для електрона визначається за допомогою методу, що одержав назву "метод магнетрона". Ця назва пов'язана з тим, що конфігурація електричного і магнітного полів, яка застосовується у цій роботі, нагадує конфігурацію полів в магнетронах-генераторах електромагнітних коливань у галузі надвисоких частот.

Рух електронів в цьому випадку відбувається у кільцевому просторі, який знаходиться між прямолінійним катодом і циліндричним анодом лампового діода. Нитка розжарення (катод) розташовується вздовж осі циліндричного аноду, так що електричне поле направлено по радіусу (рис. 1).

Лампа розташовується усередині соленоїда, що створює магнітне поле, паралельне катоду. З'ясуємо траєкторію електронів, що рухаються під дією комбінації електричного та магнітного полів.

Будемо вважати, що початкова (теплова) швидкість електрона, що вилетів з катода дорівнює нулю. Тоді при заданій орієнтації електричного та магнітного полів рух електрона буде відбуватись у площині, яка перпендикулярна магнітному полю. Скористуємось полярною системою координат. В цьому випадку положення точки характеризується відстанню від осі циліндра  $r$  та полярним кутом.

Запишемо рівняння руху електрона в площині  $(r, \varphi)$ , скориставшись рівнянням моментів.

$$\frac{dI}{dt} [\vec{r} \times q \vec{E}] + [\vec{r} \times q [\vec{v} \times \vec{B}]] \quad (1)$$

де  $q = -e$  - заряд електрона;  $I$  - напруженість електричного поля між катодом і анодом.

Якщо розглядати електроди двохелектродної лампи як циліндричний конденсатор, то електричне поле буде змінюватись зі змінням відстані  $r$  і

визначається виразом

$$E = \frac{U}{\ln \frac{r_a}{r_k}} \times \frac{1}{r}, \quad (2)$$

де  $r_a$  - радіус анода,  $r_k$  - радіус катода.

Момент сили  $qE$ , тобто  $[\vec{r} \cdot q\vec{E}] = 0$ , оскільки  $[\vec{r} \parallel \vec{E}]$ . Спроектуємо рівняння(1) на вісь Z.

Для знаходження проекту і моменту сили Лоренца на вісь Z розглянемо переміщення електрона у полярній площині ( $\vec{r}\varphi$ ) на величину  $d\vec{r}$  (рис. 2). На рис.3 представлені одиничні вектори, радіус-вектори та полярні кути  $\varphi$   $\vec{e}_z$  та  $\vec{e}_\varphi$  відповідно. Тоді вектор швидкості

$$\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt} \frac{dr}{dt} \times \vec{e}_z + r \times \frac{d\varphi}{dt} \times \vec{e}_{z\varphi} = V_z \times \vec{e}_z + V_\varphi \times \vec{e}_\varphi,$$

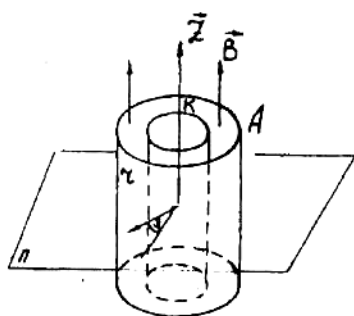


Рис. 1

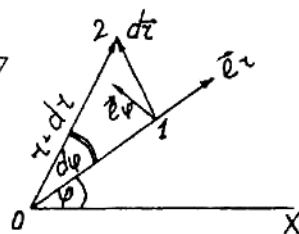


Рис. 2

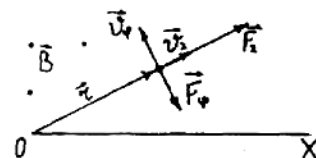


Рис. 3

Наявність двох складових швидкості  $V_z$  та  $V_\varphi$   $V$  приводить до двох складових сили Лоренца:

$$F_\varphi = -q \cdot V_z \cdot B = -q \cdot r \cdot B \quad (3)$$

$$F_z = q \cdot V_\varphi \cdot B = -q \cdot r \cdot \varphi \cdot B \quad (4)$$

Момент сили  $V_\varphi$ , відносно осі Z,  $M_\varphi = r \cdot F_\varphi = q \cdot r \cdot r \cdot B$ , а  $[\vec{X} \cdot \vec{F}_\varphi] = 0$

Таким чином, рівняння (1) набуде вигляду

$$\frac{d(mr^2\dot{\varphi})}{dt} = e \cdot r \cdot \dot{r} \cdot B$$

Проінтегрувавши це рівняння за часом, отримаємо

$$m \cdot r^2 \cdot \dot{\varphi} + c = \frac{1}{2} er^2 B, \quad (5)$$

де  $C$  - постійна інтегрування, яка визначається з початкових умов.

Радіус катода  $r_k$  - величина мала, тому на початку руху електрона радіус  $r = r_k$  теж малий. Права частина рівняння (5) та перший член його лівої частини тому теж дуже малий. Тоді постійну інтегрування  $C$  з визначеною точністю можна прирівняти до нуля:  $C = 0$ . Рівняння (5) набуде при цьому вигляду

$$m \cdot r^2 \cdot \dot{\varphi} = \frac{1}{2} er^2 B \quad (6)$$

Таким чином, кутова швидкість обертання електронів лінійно залежить від  $B$  і при даній індукції магнітного поля величиною постійною.

Перейдемо до вивчення руху електрона вздовж радіуса. Робота сил електричного поля, що звершується при переміщенні електрона від катода до точки з різницею потенціалів  $U$ .

$$\dot{A} = \dot{a}U \quad (7)$$

Магнітне поле роботи не здійснює. Тому робота, яка виражена співвідношенням (7), дорівнює кінетичній енергії електрона (за умови, що початкова швидкість електрона дорівнює нулю):

$$eU = \frac{mV^2}{2} = \frac{m}{2} \cdot (V_r^2 + V_j^2) = \frac{m}{2} \cdot [r^2 (\dot{\varphi})^2] = \frac{m}{2} \cdot \left[ x^2 + \left( \frac{r \cdot e \cdot B}{2 \cdot m} \right)^2 \right]$$

Це рівняння визначає радіальний рух електрона.

Далі розглянемо траєкторію електронів, що вилетіли з катода при анодній напрузі  $U_a$ - У відсутності магнітного поля (рис. 4) траєкторія прямолінійна та направлена вздовж радіуса При слабкому полі траєкторія трохи змінюється, але електрон все-таки досягає анода При збільшенні магнітного поля траєкторія змінюється настільки, що стає дотичною до аноду. Це поле називається

критичним При нулі  $V_{кр}$  електрон зовсім не попадає на анод і повертається до катоду. Знайдемо величину  $V_{кр}$  із співвідношення (8), відмітивши, що у цьому випадку радіальна швидкість електрона  $v$  при  $v = v_a$ , перетворюється в нуль:

$$\hat{A}_{e\delta} = \hat{I} \cdot v_a^2, \quad (8)$$

де коефіцієнт пропорційності:  $O = 2,36 \cdot 10^{-2} \text{Тл/м}^2$ ,  $I_{кр} = 0,85 \cdot I_a$

$$U_a = \frac{e \cdot B_{e\delta}^2 \cdot r_a^2}{8m} \quad (9)$$

$$\frac{e}{m} = \frac{8 \cdot U_a}{B_{e\delta}^2 \cdot r_a^2}, \quad (10)$$

де  $r_a = 4,5$  мм - радіус анода

Формула (10) дозволяє вирахувати  $e/m$ , якщо при заданому  $U_a$  знайдено так значення магнітного поля (або навпаки, при заданому  $V_{кр}$  таке значення  $U_a$ ), при якому електрони перестають попадати на анод.

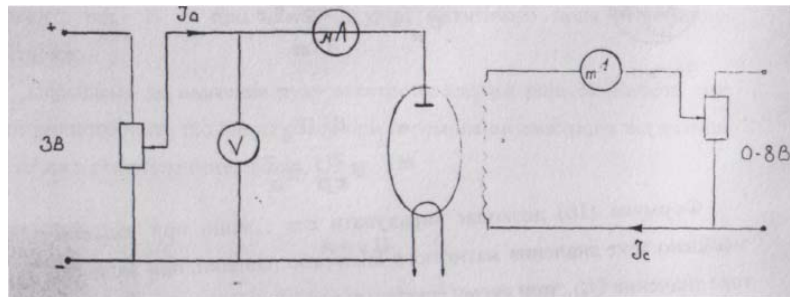
Досі можна було припустити, що всі електрони покидають катод з швидкістю, яка дорівнює нулю. Як виходить з (10), у цьому випадку при  $V < V_{кр}$  всі електрони без винятку попадали би на анод, а при  $V > V_{кр}$  всі вони повертались би на катод, не досягнувши анода. Анодний струм  $I_a$  зі збільшенням магнітного поля змінювався б при цьому так, як це зображено на (рис. 5) пунктирною лінією.

В дійсності електрони, які вилітають з катоду, мають різні початкові швидкості. Тому критичні умови для різних електронів досягаються при різних значеннях  $V$ . Крива (В) набуває внаслідок цього вигляду суцільної лінії (5).

В даній роботі для визначення  $e/m$  використовується двохелектродна лампа з циліндричним немагнітним анодом. Радіус анода  $r = 4,5$  мм.

#### Опис лабораторної установки.

Принципова електрична схема:



Анодний струм  $I_a$  регулюється потенціометром (7). Струм  $I_c$  через котушку індуктивності (2) регулюється потенціометром (5). Анодна напруга на діоді вимірюється вольтметром (6). Живлення нитки розжарення катода підключено безпосередньо на панелі.

Хід роботи.

а) До клем (6) підключити вольтметр, резистори (5) і (7) встановити в крайнє ліве положення, що забезпечує мінімальне значення струму в діоді та соленоїді.

Ввімкнути живлення електричного кола тумблером розташованим з правого боку на панелі.

б) Повертаючи ручку резистора (7) праворуч, встановити анодний струм  $I_a = 60$  мА. Змінюючи резистором (5) струм в котушці соленоїда, зняти залежність  $I_a = f(I_c)$ .

Дослід проробити для 3-х значень  $I_a$ .

Результати вимірів занести до таблиці:

$I_{a1}=60$ мА	$I_a$				$U_{a1}$
	$I_c$				
$I_{a2}=80$ мА	$I_a$				$U_{a2}$
	$I_c$				
$I_{a3}=100$ мА	$I_a$				$U_{a3}$
	$I_c$				

Побудувати графіки залежностей  $I_a = f(I_c)$ .

## Лабораторна робота «Вивчення ефекта Холла»

Мета роботи - вивчити залежність "холловської" різниці потенціалів у напівпровідниковому зразку від величини магнітного поля, визначити концентрацію носіїв струму та їх рухливість.

Прилади та обладнання.

Електромагніт, що має число витків  $N = 4000$ , проводу "ПЭВ" 3,0 з повітряним зазором між полюсами, рівними 3 мм; датчик Холла типу Х 200; резистори для регулювання струму в датчику та електромагніт, міліамперметри, мілівольтметр, тумблер для включення живлення електричного кола. Розміри датчика Холла -  $0,7 \times 0,7 \times 0,2$  мм.

Вхідний опір 2,9 Ом.

Теоретична частина.

Нехай через однорідну пластину напівпровідника вздовж осі  $X$  тече струм  $I_x$  (рис. 1.). Якщо помістити пластину напівпровідника у магнітне поле, направлене по осі  $Y$ , то між гранями, перпендикулярними осі  $Z$ , з'явиться різниця потенціалів  $U_z$ . Виникнення поперечної різниці потенціалів пов'язано з дією сили Лоренца на рухливі заряди

$$\vec{F} = q \cdot [\vec{v} \times \vec{B}].$$

де  $q$  - величина заряду;  $V$  - його швидкість,  $B$  - індукція магнітного поля.

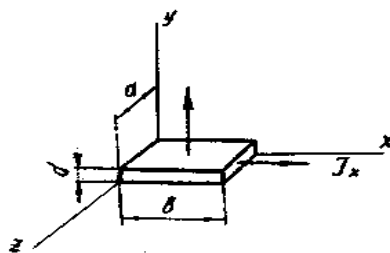


Рис.1.

Під дію цієї сили, направленої по осі  $Z$ ,

$$F = q \cdot V_x \cdot B_y$$

відбувається відхилення носіїв заряду в бік граней, які перпендикулярні осі  $Z$ . Одна з цих граней, до якої будуть відхилятися електрони, буде заряджатись

негативно, а протилежна їй - позитивно. Ці заряди і зумовлюють у пластині електричне поле (поле Холла).

Процес накопичення зарядів припиниться тоді, коли напруженість "холловського" поля буде повністю компенсувати дію на заряди сили Лоренца. Умову рівності сил, діючих на електрон з боку електричних та магнітних полів, може бути записано у вигляді

$$q(V_x B_y) = qEz$$

звідки може бути визначена напруженість "холловського" поля

$$E_z = V_x B_y$$

Напруженість "холловського" поля може бути виражена через "холловську" різницю потенціалів

$$U_z = E_z a = V_x B_y a = Y_x B_y a.$$

Струм, що протікає через зразок, площа поперечного перерізу якого  $S = a \cdot d$ , повністю, зв'язаний з концентрацією і швидкістю носіїв заряду співвідношенням:

$$I_x = j_x \cdot S = n \cdot q \cdot V_x \cdot a \cdot d \quad (2)$$

Вирішуючи сумісно рівняння (1) та (2), отримаємо

$$U_z = \frac{1}{q \cdot n} \cdot \frac{B_y \cdot I_x}{d} = K \cdot \frac{B_y \cdot I_x}{d} \quad (3)$$

де  $K = \frac{1}{q \cdot n} = \frac{1}{en}$  - постійна Холла ( $d = 0,2$  мм).

Величина її залежить від матеріалу пластини, вмісту домішки в ній та температури.

Опис лабораторної установки.

Принципова електрична схема установки приведена на рис.2



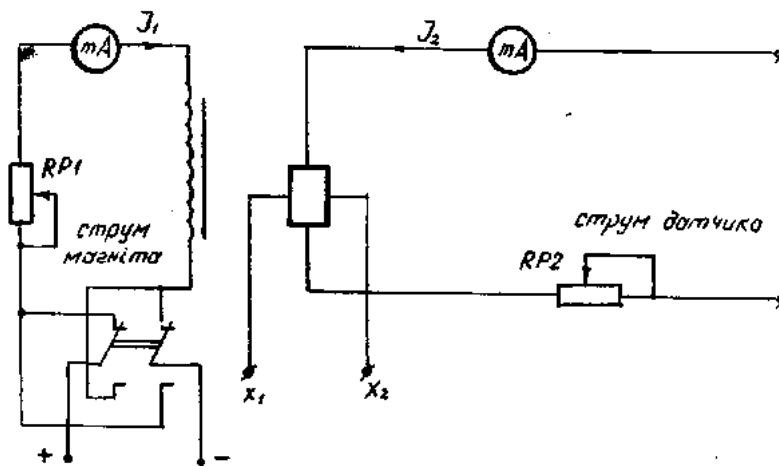


Рис 2

Джерела живлення електромагніту та датчика Холла змонтовані зі зворотнього боку панелі, мілівольтметр підключається до клем  $X_1$  і  $X_2$ - Регулювання струму в електромагніті та датчику Холла здійснюється за допомогою резисторів  $R_1$  і  $R_2$ , які виведені на панель-установки.

#### Виконання роботи.

а) До клем  $X_1$  і  $X_2$  підключити мілівольтметр, резистори  $RP_1$  і  $RP_2$  встановити в крайнє ліве положення, що забезпечить мінімальне значення струму в електромагніті та датчику Холла;

б) Ввімкнути тумблер живлення електричного кола, поворотом резистора  $RP_0$  досягти струму через датчик Холла 80-100 мА;

в) Зняти залежність "холловської" різниці потенціалів  $U_z$  від індукції магнітного поля  $B$ . Для цього резистором  $RP_1$  змінюють струм в електромагніті через 20 мА. Для виключення впливу побічних ефектів та визначення дійсного значення "холловської" різниці потенціалів вимірювання  $U_z$  проводяться з інверсією магнітного поля, тобто при зміні напрямку струму в електромагніті перемикачем.

$$U_z = \frac{(+U_1) + (-U_2)}{2}$$

Величина  $B$  лінійних частин кривої намагнічення позначається із співвідношення

$$B = \alpha \cdot I_1 \quad (4)$$

де  $\alpha = 0,0155$  Тл /А;  $I_1$  - струм через обмотку електромагніта,

г) Підрахувати В згідно формули (4)

Результати занести до таблиці:

I <sub>1</sub> , А				
U <sub>1</sub> , В				
U <sub>2</sub> , В				
U <sub>z</sub> , В				
B, Тл				
K, Кл <sup>-1</sup>				

д) Побудувати графік залежності U (B)

є) Згідно формули (3)

$$U_z = K \frac{B_y I_x}{d} \quad (3)$$

де d = 3мм Визначити постійну Холла K.

ж) Визначити концентрацію носіїв струму згідно формули

$$K = \frac{1}{en},$$

де e - заряд електрона (e = 1.602 10 Кл), n – концентрація носіїв

к) По заданому значенню опору датчика та його геометричним розмірам визначити його питомий опір, а потім рухливість носіїв струму

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}; \quad \mu = \frac{k}{\rho}.$$

## Лабораторна робота «Дослідження залежності опору напівпровідників від температури»

### Мета роботи:

Дослідним шляхом встановити закон зміни опору напівпровідника при його нагріванні визначити ширину забороненої зони і концентрацію зарядів у напівпровіднику при різній температурі.

### Прилади та матеріали:

Експериментальна установка, яка має досліджуваний термоопір, термостат з нагрівачем і стабілізатор струму. Джерело постійної напруги ( $U=16\text{В}$ ). Міліамперметр постійного струму ( $I_{\text{max}}=200\text{мА}$ ). Цифровий вольтметр або мультиметр для вимірювання постійної напруги ( $U_{\text{max}}=20\text{В}$ ).

### Короткі теоретичні відомості:

*Напівпровідники* - це речовини, які за своєю електропровідністю, мають проміжне місце між провідниками першого роду і діелектриками. На відміну від металів вони мають від'ємний температурний коефіцієнт опору (в певних температурних інтервалах).

Основною відмінністю напівпровідників від металів є значна залежність їх провідності (опору) від зовнішніх факторів (освітленість, механічні деформації, опромінення рентгенівськими та радіоактивними променями, дія магнітного поля тощо). На величину електропровідності напівпровідників суттєво впливає наявність домішок. Величина питомого опору напівпровідників лежить в межах від  $10^{-5}$  до  $10^{-8}$  Ом·м.

До напівпровідників належать деякі хімічні елементи (кремній, германій, селен, бор, телур), а також окиси ( $\text{CuO}$ ), сульфідів ( $\text{CdS}$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{ZnS}$ ), телуриди ( $\text{HgTe}$ ,  $\text{CdTe}$ ), фосфіди ( $\text{GaP}$ ,  $\text{InP}$ ,  $\text{ZnP}_2$ ) тощо.

Існують напівпровідники із електронною та дірковою провідністю. У напівпровідниковій техніці використовуються напівпровідники, в яких носіями,

заряду є електрони хімічного зв'язку ( вірніше їх відсутність вони мають р-тип провідності і електрони провідності n-типу.

Приклади, дія яких ґрунтується на значній залежності опору напівпровідників від температури, називаються термісторами або термоопорами.

Термістори - об'ємні опори, що виготовляють з напівпровідникових матеріалів. Вони мають від'ємний коефіцієнт опору, який у багато разів перевищує температурний коефіцієнт опору металів. Термістори можуть бути найрізноманітніших розмірів і форми, а також мають різні термічні та електричні властивості, високу механічну міцність.

Залежність опору напівпровідників від температури у значних інтервалах описується виразом:

$$R = Ae^{\Delta E / 2kT} \quad (1)$$

де  $A$  - константа,  $k$  - стала Больцмана,  $E$  - енергія активації (висота енергетичного бар'єру).

Під *енергією активації* розуміють енергію, яку необхідно затратити, щоб перевести електрон із зв'язаного стану у вільний.

Зменшення опору з ростом температури пояснюється тим, що при збільшенні температури збільшується число носіїв заряду, тобто збільшується концентрація вільних електронів. Графік залежності опору напівпровідників від температури в координатах  $\ln R = f(1/T)$  являє собою пряму лінію, тангенс нахилу якої до осі  $1/T$  (вісь  $Ox$ ) дорівнює:

$$\operatorname{tg}\varphi = \Delta E / 2k \quad (2)$$

Звідси *енергія активації* визначається як

$$\Delta E = 2k \operatorname{tg}\varphi \quad (3)$$

Концентрація електронів в зоні провідності напівпровідника змінюється від температури по експотенціальному закону

$$n = n_0 e^{\frac{\Delta E}{2kT}}, \quad (4)$$

де  $n$ -концентрація електронів провідності при температурі  $T$ ,

$n_0$ -концентрація електронів провідності при  $T \rightarrow \infty$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К- постійна Больцмана

*$\Delta E$ -ширина забороненої зони*

Так як електропровідність пропорційна концентрації електронів провідності, то залежність питомої електропровідності  $\gamma_0$  напівпровідників від температури виражається формулою

$$R = R_0 e^{\frac{\Delta E}{2kT}}, \quad (5)$$

де  $\gamma_0$  - питома електропровідність при  $T \rightarrow \infty$

Опір напівпровідника з підвищенням температури зменшується по закону

$$R = R_0 e^{\frac{\Delta E}{2kT}}, \quad (6)$$

де  $R_0$ -опір при  $T \rightarrow \infty$

Цю залежність можна використовувати для визначення ширини забороненої зони напівпровідника  $\Delta E$ .

Прологарифмувати цей вираз по основі  $e$ , отримаємо

$$\ln R = \ln R_0 + E / 2kT \quad (7)$$

Виразимо  $k$  в електрон-вольтах ( $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Дж)  $k = 0,86 \cdot 10^{-4}$  еВ/К

Знайдемо значення  $1/2k$ ;  $1/2k = 5,8 \cdot 10^{-3}$  К/еВ і підставимо його в (4);

$$\ln R = \ln R_0 + \frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{T} \Delta E \quad (8)$$

Якщо побудувати графік залежності  $\ln R = f(5,8 \cdot 10^{-3} / T)$ , то він буде представляти собою пряму лінію. Тангенс кута нахилу якої до вісі абсцис рівний ширині зображеної зони  $\Delta E$ , вираженою в електрон-вольтах:

### Схема експериментальної установки

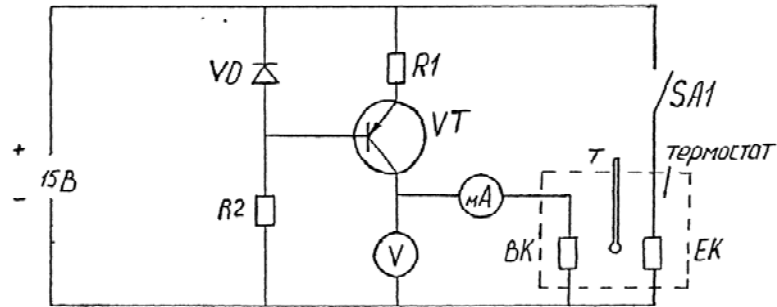


Рис.1

Германієвий напівпровідник ВК поміщений в термостат з нагрівачем ЕК, який підключається до джерела живлення вимикачем SA1.

Величина струму в колі ВК підтримується незмінним стабілізатором при зміні опору ВК, визваним його нагріванням, стабілізатор струму складається із стабілізатора VD), транзистора VT, транзисторів R<sub>1</sub> і R<sub>2</sub>.

Для підключення цифрового вольтметра є клемми.

Порядок виконання робіт:

- 1). Підключити до експериментальної установки (рис.1) цифровий вольтметр ( $U_{max}=20V$ ).
- 2) Увімкнути живлення тумблером SA1: Значення початкової температури і напруги на термоопорі ВК занести до таб.1.

Сила струму у колі постійна  $I = 16 \text{ mA}$ .

Таблиця №1

t, °C	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
I, mA	16									
U <sub>1</sub> , B										
U <sub>2</sub> , B										
U <sub>ср.</sub> B										
R, Ом										

- 3) Визначити і занести до таб.1 значення падіння напруги U<sub>1</sub> і U<sub>2</sub> на термоопорі при зміні температури через кожні 5 °C. Провести виміри U як при нагріванні термоопору (U<sub>1</sub>), так і при його охолодженні (U<sub>2</sub>).

Обробка результатів:

1. По даним таб.1 визначити середнє значення падіння напруги  $U_{cp} = (U_1 + U_2)/2$  на термопарі і його опір  $R = U_{cp} / I$  для всіх значень температури.

Результати занести до таб. 1.

2. Визначити значення  $5,8 \cdot 10^{-3} / T$  і  $\ln R$  для всіх температур. Результати занести до табл. 2.

Таблиця № 2

T, K										
$\frac{5,8 \cdot 10^{-3}}{T}, K^{-1}$										
LnR										

По даним табл.2 побудувати графік залежності  $\ln R = f(5.8 \cdot 10^{-3} / T)$

## Лабораторна робота «Внутрішній фотоефект у напівпровідниках»

Мета роботи: експериментально встановити залежність опору напівпровідника від величини падаючого на нього потоку електромагнітного випромінювання та визначити чутливість фото резистора.

Прилади та обладнання: напівпровідниковий фото резистор ФСД-Г2, джерело світла (лампа), мікроамперметр та вольтметр постійного струму, джерело, що регулюється, постійної напруги (0-15В), джерело напруги (6,3В).

Методика експерименту.

Схема лабораторної установки показана на рис.1.

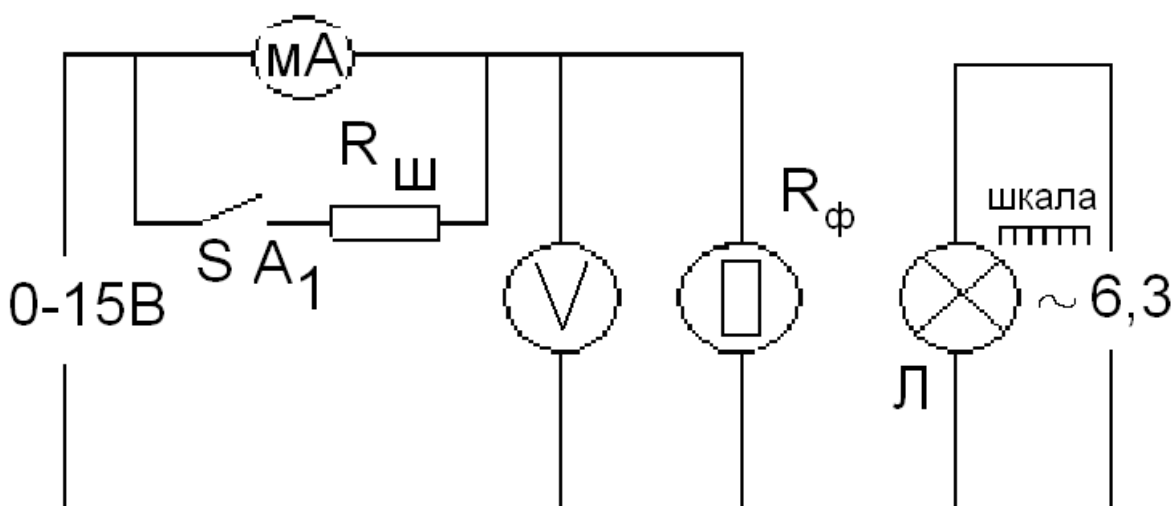


Рис.1

Світло від лампочки накаливання Л падає на фото резистор, змінюючи його опір. За допомогою вольтметра вимірюється напруга на фото резисторі, яка може змінюватись від 0 до 15В. Мікроамперметр вимірює силу струму, що проходить через фото резистор. При збільшенні падаючого світлового потоку опір шунта  $R_{ш}$  підключається тумблером SA1 і максимальний струм, що вимірюється становить  $I_{max}=5$  мА. При відключенні  $I_{max}=I$  мА. Падаючий світловий потік  $\Phi_p$  можна зменшувати, збільшуючи відстань від лампи до фото резистора. Його величина розраховується



$$\Phi_n = \frac{I \cdot S}{r} \cos \alpha,$$

де I- сила світла лампи, S=28 mm –площа світлочутливого шару фото резистору,  $\alpha=0$  –кут між напрямком світлового потоку та нормальною до світлочутливої поверхні, r –відстань між лампами до фото резистора визначається по шкалі.

Можна визначити величину падаючого світлового потоку

$$\Phi_n = \frac{I \cdot S}{r^2} \cdot \cos \alpha = \frac{0,43 \cdot 28 \cdot 10^{-6}}{r} = 12 \cdot 10^{-6} \frac{1}{r^2}$$

Отже, падаючий світловий потік змінюється обернено пропорційно квадрату відстані к від фото резистора до лампи накаливання.

Порядок виконання роботи.

1. Встановити вимірювання сили струму  $I_{\max}=5\text{mA}$ . Включити живлення фото резистора та лампи, встановити напругу 10 В. Визначити силу струму при мінімальній відстані r. Збільшуючи r через 1 см зняти залежність I ( $\Phi_n$ ) (при U =const) та побудувати графіки залежності  $I=f(\Phi_n)$ .

Таблиця 1

№	r(m)	I(A)	U(B)	Rф	Фп
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

2. Обчислити опір фото резистора  $R_{\phi}$  ( $R_{\phi}=U/I_{\phi}$ ). для всіх значень сили струму та побудувати графік залежності  $R_{\phi}=f(\Phi_{п})$
3. установити лампу біля фото резистора ( $r=1$  см). Змінюючи вхідну напругу через  $I$  В, зняти залежність  $I(U)$  при  $\Phi=const$  (табл.. 2). та побудувати графік залежності  $I=f(U)$

Таблиця 2

№	$r(m)$	$U(B)$	$I(A)$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

## Лабораторна робота «Зняття вольт-амперної характеристики напівпровідникового діоду»

Мета роботи: вивчення напівпровідників та їх властивостей; застосування напівпровідникових діодів.

### Теоретична частина

Усі речовини за їх електропровідними властивостями поділяються на три групи: провідники, напівпровідники та ізолятори.

*Провідники* - це метали та їх сплави.

*Ізолятори (діелектрики)* - це мінерали, неорганічні аморфні тіла, синтетичні сполуки, полімери тощо.

*Напівпровідники* - це деякі хімічні елементи, окиси металів, хімічні сполуки.

В напівпровідниках можливі два механізми (типи) електропровідності: *електронний*, що здійснюється рухом електронів, звільнених з хімічних зв'язків і *дірковий*, обумовлений рухом дірок (вакансій хімічних зв'язків).

Напівпровідники, провідність яких зумовлена надлишковими електронами, називаються *електронними* або *напівпровідниками n-типу*.

Напівпровідники, провідність яких викликана наявністю дірок, називаються *дірковими* або *напівпровідниками p-типу*.

Розглянемо напівпровідник, що складається з двох частин, одна з яких має провідність n - типу, а друга p-типу (рис. 1). У p-області основними носіями є дірки, а в n -області - електрони. І n -, і p- області до утворення контакту між ними були, в цілому, електронейтральними. При утворенні контакту внаслідок дифузії та взаємного електричного притягання певна кількість вільних електронів n -області перейде в p-область, де є незайняті валентні рівні (дірки). Електрони займуть частину цих рівнів поблизу контакту. Дірки, в свою чергу, дифундуватимуть з p-області в n -область, де будуть рекомбінувати з вільними електронами. Завдяки цим процесам концентрація вільних електронів і дірок поблизу контакту значно зменшиться.

Поряд з цим,  $n$ -область поблизу, контакту зарядиться позитивно, бо: по-перше, вона, втратила частину своїх вільних електронів; а по-друге, до неї перейшла частина дірок з  $p$ -області. Аналогічно,  $p$ -область поблизу контакту зарядиться негативно. Електричне поле, що виникне при цьому, перешкоджатиме подальшій дифузії носіїв заряду. В області контакту встановиться динамічна рівновага.

Таким чином, на межі контакту  $n$  - і  $p$ - напівпровідників виникає  $p$ -  $n$  - перехід (рис.2 ), який має великий опір, бо він збіднений на носії заряду. Шар, що перешкоджає дифузії носіїв заряду, називається запираючим - шаром. Його товщина залежить від концентрації носіїв заряду в областях напівпровідника.

Якщо до  $p$ -  $n$ -переходу прикласти різницю потенціалів у такому напрямі, як показано на рис. 3, тобто до  $p$ -області подати позитивний потенціал, а до  $n$ -області негативний, то під дією зовнішнього поля вільні носії заряду рухатимуться до  $p$ -  $n$  - переходу; концентрація їх на переході зросте і через напівпровідник піде значний струм.

Якщо ж різницю потенціалів прикласти в протилежному напрямі (рис. 4 ), то ширина  $p$ -  $n$  -переходу зросте, бо носії заряду будуть відходити від контактної області. У цьому випадку опір переходу буде великим, а струм у колі - незначним.

Напрямок, в якому  $p$ -  $n$  -перехід пропускає струм, називається прямим або напрямом провідності.

Протилежний напрям називають зворотнім або запірним.

Таким чином, прилади, в яких створено  $p$ -  $n$  -перехід, пропускають струм лише у прямому напрямі. У зворотному напрямі струм дуже малий. Такі прилади називають діодами і вони використовуються для випрямлення струмів в електро- і радіотехніці. Промисловість випускає, в основному, кремєніві і германієві точкові та площинні діоди.

Для діодів введені позначення, які складають з букв і цифр (наприклад Д7Ж): Д - означає тип приладу - діод; 7 - вказує тип приладу та його застосування, Ж – різновидність приладу.

Найважливіші параметри діодів такі:

1. Найбільше значення зворотної напруги  $U_{зв}$ , яка може бути прикладена до діода у зворотному напрямі.
2. Прямий струм  $I_{пр}$  – величина максимального струму через діод при прямому ввімкненні.
3. Найбільше значення зворотного струму  $I_{зв.макс}$  величина струму через діод у зворотному напрямі (коли до нього прикладено зворотну напругу).
4. Пробивна напруга  $U_{проб.}$  - напруга на діоді, при якій відношення зміни напруги до зміни струму дорівнює нулю. Перевищення цього значення приводить до різкого збільшення зворотного струму і руйнування діода.
5. Найбільша амплітуда струму при перехідних процесах  $I_{перех..макс..}$  - найбільше значення амплітуди струму через діод, яка не спричиняє його пошкодження протягом секунди.
6. Найбільша амплітуда випрямленого струму  $I_{випр.макс..}$  – найбільше значення амплітуди струму через діод.
7. Прохідна ємність  $C_{пр}$  - статична ємність між електродами діода. Основною характеристикою діода є вольт-амперна характеристика, яка показує залежність величини струму, що проходить через діод від величини прикладеної напруги.

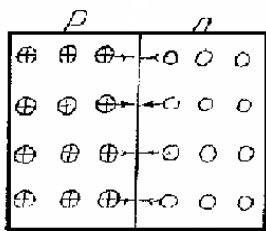


рис. 1

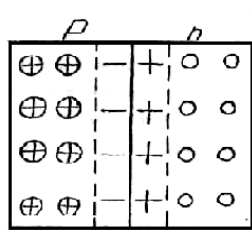


рис. 2

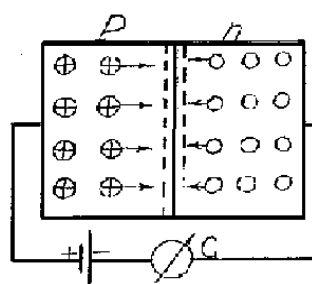


рис. 3

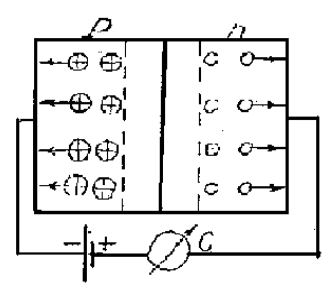


рис. 4

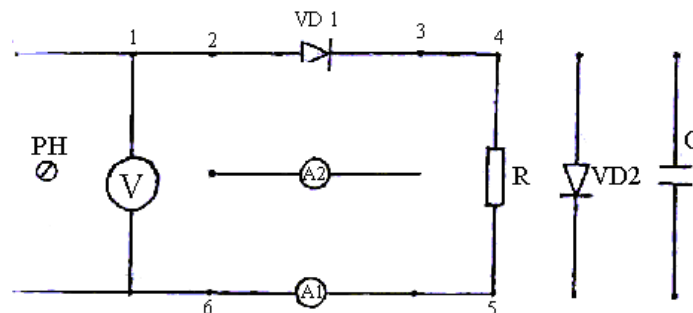


Рис.5

## Опис лабораторної установки і методика дослідження

Схема установки для дослідження  $p-n$  переходу зображена на рис.5

Постійна напруга змінюється регулятором напруги РН від 0 до 8 В, а вимірюється вольтметром ( $U_{\text{ном}}=10$  В). Міліамперметр  $A_1$  ( $I_{\text{ном}}=50$  мА) використовується в завданні 1 для вимірювання прямого струму  $p-n$  переходу, а мікроамперметр  $A_2$  ( $I_{\text{ном}}=100$  мкА) - в завданні 2 для вимірювання зворотного струму діода. У роботі досліджується  $p-n$  переходи світло діода VD1 і германієвого діода VD2. При проходженні прямого струму світло діод випромінює світло. У завданнях 1 і 2 досліджується його вольт-амперна характеристика при прямому і зворотному вмиканнях.

### Виконання роботи

Завдання 1. Дослідження  $p-n$  переходу при прямому вмиканні діода.

1. Зібрати схему (рис.5) . Під'єднати до клем (5) і (6) міліамперметр  $A_1$  і з'єднати з клемами (1) і (2), а також (3) і (4). Регулятор напруги РН встановити в крайнє положення, обертаючи проти годинникової стрілки.
2. Включити живлення. Змінюючи напруги через 1 В (від 0 до 8 В) вимірювати силу струму в ланцюгу.
3. Результати вимірювань занести в таблицю №1. Відключити електроживлення.
4. Використовуючи отримані данні вирахувати напругу  $U_d$  на  $p-n$  переході за формулою:

де  $U$  - вхідна напруга;  $U_k = I_0 R$  - напруга на резисторі.

Результат занести до таблиці №1

Знайти прямий опір  $p-n$  переходу  $R_{np}$  для всіх значень вхідної напруги за

формулою: 
$$R_{i\bar{d}} = \frac{U_{\bar{d}}}{I_0}$$

Результати занести до таблиці 1

5. За отриманими даними побудувати графік залежності  $I_0 = f(U_d)$ ,  
 $R_{np} = f(U_d)$ .

№п.п.	U	I <sub>0</sub>	R	U <sub>к</sub>	U <sub>д</sub>	R <sub>пр</sub>
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						

Завдання 2. Дослідження *p-n* переходу при зворотному включенні діода.

1. В схемі (рис.5) під'єднати до клем (5) і (6) мікроамперметр A<sub>2</sub> і змінивши напрям струму в *p-n* переході, для чого з'єднати провідниками клем (1) і (3); (2) і (4). РН встановити в нульовому положенні. Ввімкнути живлення, збільшуючи вхідну напругу через 1 В (від 0 до 8 В) вимірювати силу зворотного струму I<sub>зв</sub>. Результати занести до таблиці №2. Вимкнути живлення. Розібрали схему.

1. Використовуючи отримані данні , знайти значення зворотного опору *p-n* переходу R<sub>зв</sub>. для всіх значень вхідної напруги і занести до таблиці №2. Так як R<sub>зв</sub> >> R, то R<sub>зв</sub> ≈ U / I<sub>зв</sub>

Таблиця 2

№ п.п.	U	I <sub>зв</sub>	R <sub>зв</sub>
1.			
2.			
3.			
4.			

3. Побудувати графік залежності I<sub>зв</sub> = f(U), R<sub>зв</sub> = f(U).

## Лабораторна робота «Фізичні параметри біполярного транзистора»

### 1. Мета роботи .

Вивчити будову та принцип дії біполярного транзистора, зняти вхідні та вихідні статичні характеристики  $p-n-p$  транзистора.

### 2. Прилади та обладнання.

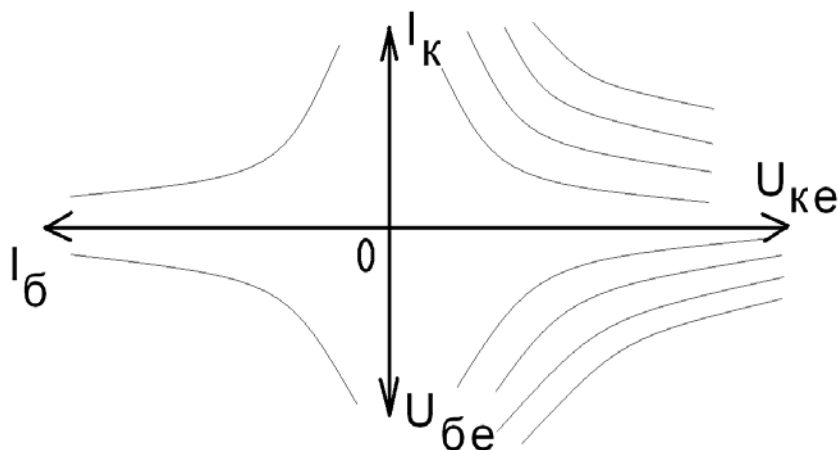
Два джерела живлення постійної напруги 0 - 15 В, що регулюються, вольтметром з межею 0,5 В, мікро амперметр з межами 50 та 250 мкА та міліамперметр на 10 та 50 мА, транзистор  $p-n-p$  структури типу МП-20 А. дільник напруги.

### 3. Опис експериментальної установки.

Схема для вимірювання вольт амперних характеристик транзистора представлена на рис.6. дивись методичні рекомендації

### 4. Порядок виконання роботи.

1. Зняти залежність  $I_K (U_{ке})$  при  $I_B = \text{const}$ ,  $I_B$  встановити 20, 50, 100, 120 мкА.
2. Зняти залежність  $U_{бе} (U_{ке})$  при  $I_B = \text{const}$  . Провести вимірювання при струмах бази, вказаних у п. 1.
3. На основі отриманих сімейств характеристик побудувати графіки  $I_K (I_B)$  і  $I_B (U_{бе})$ .
4. Побудувати характеристичні криві у чотирьох квадрантах.







### Лабораторна робота «Дослідження діодного оптрона»

**Мета роботи:** познайомитись з дією та характеристиками оптрона та його елементів – випромінюючого діода та фотодіода.

#### Підготовка до роботи.

1. Вивчити теоретичний матеріал про оптоелектронні прилади / [1], стор. 370-383, 401-437 /.

2. Ознайомитися з запитаннями письмового колоквиуму:

Випромінюючі діоди (світлодіоди). Їх характеристики, технологія виготовлення, способи перетворювання кольору випромінювання.

Будова та принцип дії фоторезисторів.

Явище фотоефекту та механізм утворення фото ЕРС у фото- діодах.

ВАХ фотодіодів та коментар до неї.

Режими роботи фотодіодів у електронних схемах.

Фототранзистори та фототиристори.

Будова та принцип дії оптрона.

Застосування оптронів у електронних схемах.

#### Порядок виконання роботи

1. Прочитавши завдання, з'ясувати хід виконання роботи.

2. Використовуючи оптрон ЗОД 101А, зібрати схему зняття статичних характеристик (рис.7.1).

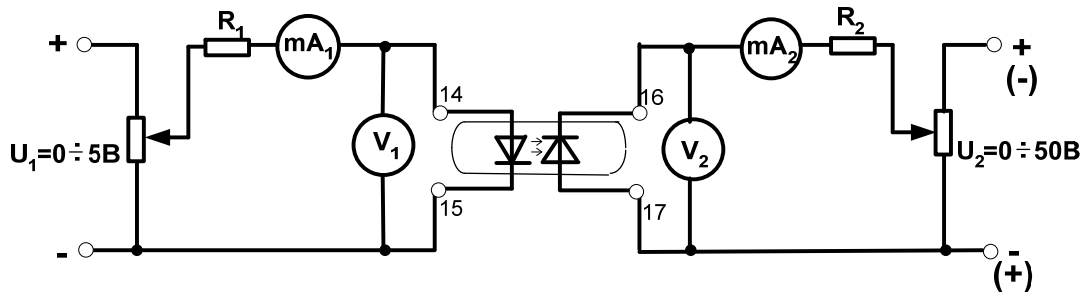


Рис.7.1

З цією метою визначити за допомогою довідника розміщення електродів оптрона ЗОД 101А. Після перевірки схеми викладачем, увімкнути лабораторну установку.

3. Зняти ВАХ випромінювача – вхідну характеристику оптрона. Змінюючи напругу на вхідних електродах оптрона за допомогою потенціометра лівого блоку живлення в межах від 0 до 1,5 В, зняти пряму вітку ВАХ випромінюючого діода. Увага! Прямий струм випромінювача не повинен перевищувати 20 мА! Результати вимірювань занести до таблиці 7.1.

При цьому вихідну напругу на оптроні підтримувати  $U_{вих} = 0$  В.

Таблиця 7.1.

$U_{вх.}, В$	0	0,1	0,2	0,3	...	1,2	1,3
$I_{вх.}, мА$							

4. Зняти сімейство ВАХ фотоприймача – вихідну характеристику оптрона.

$$I_{вих} = f(U_{вих}) / I_{вх} = const$$

для кількох постійних значень вхідного струму (тобто пропорційного струмові світлового потоку, що випромінюється світлодіодом). При проведенні вимірювань напругу на вихідних електродах змінювати як в прямому, так і зворотному напрямі, перемикаючи полярність напруги  $U_2$

правого блоку живлення. Межу вимірювання міліамперметра  $mA_2$  встановити в положення „1мА”, вимірювати прямий і зворотний струми фотоприймача в межах від 0 до

0,5 мА. Результати вимірювань звести до таблиці 7.2.

Таблиця 7.2.

	Uвих, В	-1	-2	-3	...	-15	0	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,0
Iвх=0	Iвих, мА												
Iвх=2мА	Iвих, мА												
Iвх=4мА	Iвих, мА												
Iвх=6мА	Iвих, мА												
Iвх=10мА	Iвих, мА												
Iвх=15мА	Iвих, мА												
Iвх=20мА	Iвих, мА												

5. Використовуючи таблиці 7.1 і 7.2, накреслити графіки вхідної та сімейства вихідних характеристик оптрона. На сімействі вихідних характеристик відшукати значення фото ЕРС для різних значень вхідного струму (світлового потоку). Заповнивши таблицю 7.3, побудувати графік залежності

$$E_{\phi} = f(I_{вх}).$$

6. Використовуючи таблицю 7.2, накреслити характеристику прямої передачі оптрона

$$I_{вих} = f(I_{вх})/U_{вих} = \text{const}$$

для

$$U_{вих} = -10 \text{ В}$$

і для

$$U_{вих} = 1 \text{ В.}$$

Таблиця 7.3.

Iвх, мА	0	2	4	6	10	15	20
Eф, В							

## Лабораторна робота «Аналіз характеристик сенсорів хвильового фронту»

**Мета роботи:** вивчити структури, схеми та принципи функціонування сенсорів хвильового фронту та оволодіти навиками розрахунків параметрів цих сенсорів, здійснити порівняльний аналіз сенсорів хвильового фронту різних типів.

### 3.1 Основні теоретичні відомості

Сенсори для систем адаптивної оптики повинні мати такі властивості:

- висока просторова роздільна здатність (багатоканальність);
- високе значення швидкодії;
- узгодженість динамічного діапазону сенсора з проблемою фазової неоднозначності при значних збуреннях (понад  $2\pi$  рад);
- незалежність результатів фазових вимірів від випадкових змін інтенсивності світла на приймальній апертурі;
- висока чутливість (ефективність використання світлового потоку);
- достатня ширина спектра робочого випромінювання;
- оптимальна ступінь складності сенсора (враховує надійність, вартість, ступінь технічного напрацювання і т. ін.).

Для попередніх оцінок тих чи інших вимог до сенсорів використовують наближені співвідношення, а саме [4].

#### 1. Розрахунок кількості каналів сенсора

$$N \approx \left( \frac{2D}{\pi l_s} \right)^2 \ln \frac{\sigma_s}{\sigma}, \quad (3.1)$$

де  $\sigma/\sigma_s$  – відносна похибка апроксимації хвильового фронту;

$D/l_s$  – відношення діаметра апертури до масштабу неоднорідностей.

2. При гетеродинному та синхронному детектуванні вибір кількості каналів  $N$  здійснюють, виходячи з заданої похибки апроксимації хвильового фронту поверхнею адаптивного дзеркала  $\sigma_{cm}$

$$N \approx 0,3 \left( \frac{D}{l_g} \right)^2 \left( \frac{\sigma_{CT}}{\sigma_g} \right)^{-1}. \quad (3.2)$$

3. Для колмогорівської моделі турбулентності ця кількість може бути вираженою через радіус когерентності атмосфери

$$N \approx 0,3 \left( \frac{D}{r_0} \right)^2 \sigma_{cm}^{-11/5}. \quad (3.3)$$

4. Швидкодію сенсора оцінюють, виходячи з частоти зрізу замкненої системи:

$$\omega_c \approx \frac{1,4}{\tau_s} \cdot \frac{\sigma_s}{\sigma}, \quad (3.4)$$

де  $t_s$  – характерний час тривалості неоднорідності.

При невеликій амплітуді фазових збурень (лінійна ділянка дискримінаційної характеристики) характерний час відгуку системи  $t \gg p/w_c$ .

5. Похибка сенсора хвильового фронту залежить від чутливості детекторів. При слабких сигналах точність сенсора обмежується дробовим шумом фотоприймача. Значення похибки обернено пропорційне квадратному кореню від кількості фотонів, прийнятих на інтервалі виміру (при кінцевому часі інтегрування детектора дорівнює відношенню сигнал-шум). При прямому детектуванні (сенсори гартманівського типу) похибка вимірювання хвильового фронту

$$\Delta S \geq \frac{\pi}{S/N}, \quad (3.5)$$

де  $S/N$  – відношення сигнал-шум ( $SNR$ ).

Для інтерферометрів значення похибки приблизно у разів більше.

6. Формули для оцінювання співвідношення сигнал-шум для характерних систем з вихідною хвилею:

6.1. Система фазового з'єднання із сенсором Гартмана (на цілі змонтовано кутовий відбивач діаметром  $d$ )

$$\frac{S}{N} = \frac{D^*}{\sqrt{A \cdot \Delta \nu_c}} \cdot \left(\frac{\delta}{D}\right)^2 \cdot \left(\frac{\Omega_d}{\Omega_0}\right) \alpha P_0, \quad (3.6)$$

де  $D^*$ ,  $A$  – гранична роздільна здатність та площа детектора, відповідно;  $\square n_c$  – характерна смуга пропускання;  $d/D$  – співвідношення діаметрів парціального та загального пучків;  $W_d/W_0$  – співвідношення площі кутового відбивача та площі світлової плями;  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання траси у зворотному ході;  $P_0$  – потужність джерела світла.

6.2. Гетеродинний сенсор із шириною смуги сигналу  $\nu$

$$\frac{S}{N} = \left(\frac{\alpha P_0 \eta \lambda}{2\pi \hbar c \Delta \nu}\right)^{1/2} \left(\frac{Dd}{\lambda L}\right)^2, \quad (3.7)$$

де  $\eta$  – квантова ефективність приймача;  $\hbar$ ,  $c$  – відповідно стала Планка і швидкість світла у середовищі.

6.3. Система апертурного зондування ( $N$  каналів, відстань між каналними частотами  $\square n_0$ ) на початковому етапі адаптації

$$\frac{S}{N} = \frac{D^*}{\sqrt{AN \Delta N_0}} \cdot \left(\frac{m}{N}\right) \cdot \left(\frac{d^2 D}{d_0 L \lambda}\right)^2 \alpha P_0, \quad (3.8)$$

де  $m$  – відносна глибина модуляції;  $d_0$  – діаметр світлової плями;  $L$  – довжина траси.

На кінцевому етапі адаптації

$$\frac{S}{N} = \frac{D^*}{\sqrt{AN \Delta N_0}} \cdot \left(\frac{m}{N}\right) \cdot \left(\frac{dD}{\lambda L}\right)^4 \alpha P_0. \quad (3.9)$$

### 3.2 Приклад розрахунку характеристик сенсорів хвильового фронту

Вхідні дані:

- відносна похибка апроксимації ХФ –  $1/10^2$ ;
- діаметр апертури – 10 см;

- діаметр неоднорідностей – 3 см;
- похибка апроксимації ХФ поверхнею адаптивного дзеркала – 1/246;
- радіус когерентності атмосфери – 1,5 см;
- характерний час неоднорідності 1 мс;
- гранична роздільна здатність  $10^{-9}$  Вт/Гц<sup>0.5</sup>;
- площа детектора 78,5 см<sup>2</sup>;
- діаметр парціального пучка 1 см;
- співвідношення площ кутового відбивача та світлової плями 100:1;
- коефіцієнт поглинання траси 0,7;
- потужність джерела 10мВт;
- квантова ефективність приймача 80%;
- довжина траси 1 км;
- коефіцієнт модуляції 1.

1. Кількість каналів сенсора Гартмана (пряме детектування)

$$N \approx \left( \frac{2 \cdot 0,1}{3,14 \cdot 0,03} \right)^2 \ln 10^2 = (2,122)^2 \cdot 4,605 = 20,737 \approx 21$$

2. Кількість каналів гетеродинного сенсора

$$N \approx 0,3 \cdot \left( \frac{1}{0,03} \right)^2 \cdot \left( \frac{246}{10} \right)^{-1} = 13,55 \approx 14$$

3. Кількість каналів при прямому детектуванні (модель турбулентності атмосфери Колмогорова)

$$N \approx 0,3 \cdot \left( \frac{100}{0,015} \right)^2 \cdot 246^{-\frac{11}{5}} = 0,3 \cdot 4444444444 \cdot 0,0000018 \approx 24$$

4. Характерний час спрацювання адаптивної системи

$$t \approx \frac{\pi}{\omega_c} = \frac{\pi}{1,4 \tau_c \frac{\sigma_s}{\sigma}} = \frac{3,141}{1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 100} \approx 22,4 \text{ с.}$$

5. Співвідношення сигнал-шум для сенсора Гартмана



$$\frac{S}{N} = \frac{10^9}{\sqrt{0,00785 \cdot 21 \cdot 10^3}} \cdot \left(\frac{0,01}{1}\right)^2 \cdot 100 \cdot 0,7 \cdot 10^{-2} \approx 545,06$$

Відповідна похибка вимірювання хвильового фронту:

$$\Delta S \geq \frac{3,141}{545,06} \approx 0,58\%$$

6. Співвідношення сигнал-шум гетеродинного сенсора

$$\frac{S}{N} = \left(\frac{0,7 \cdot 10^{-2} \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 10^{-4}}{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 10^{14}}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{0,1 \cdot 0,01}{0,6 \cdot 10^{-4} \cdot 1000}\right)^2 \approx 96500.$$

7. Співвідношення сигнал-шум одноканальної системи апертурного зондування на початковому етапі адаптації

$$\frac{S}{N} = \frac{10^9}{\sqrt{0,0001 \cdot 24 \cdot 10^5}} \cdot \left(\frac{1}{24}\right) \cdot \left(\frac{0,01^2 \cdot 0,01}{0,001 \cdot 1000 \cdot 0,6 \cdot 10^{-6}}\right)^2 \cdot 0,7 \cdot 10^{-2} \approx 52297,8.$$

На кінцевому етапі адаптації

$$\frac{S}{N} = \frac{10^9}{\sqrt{0,0001 \cdot 24 \cdot 10^5}} \cdot \left(\frac{1}{24}\right) \cdot \left(\frac{0,01 \cdot 0,1}{1000 \cdot 0,6 \cdot 10^{-4}}\right)^4 \cdot 0,7 \cdot 10^{-2} \approx 145271,6.$$

Таким чином відношення сигнал/шум (*SNR*) на кінцевому етапі адаптації такої системи є приблизно у 2,8 разів більшим.

### 3.3 Завдання та хід виконання роботи

1. Вивчити теоретичні питання, пов'язані з принципами роботи, структурною організацією та функціонуванням оптичних та електричних схем сенсорів хвильового фронту для адаптивних оптичних систем.

2. За наведеним прикладом згідно з варіантом індивідуального завдання (табл. 3.1) виконати розрахунок характеристик сенсорів хвильового фронту.

3. Побудувати графічні залежності  $SNR(N)$  та  $\Delta S(SNR)$  для розрахованих сенсорів.

4. Скласти звіт.

Таблиця 3.1 – Індивідуальні варіанти завдань

Номер варіанта	$D, \text{ м}$	$l_z, \text{ м}$	$\sigma/\sigma_z$	$\sigma_{cm}$	$\sigma_z$	$r_0, \text{ м}$	$\eta$	$d_0, \text{ м}$	$\lambda, \text{ МКМ}$	$d, \text{ м}$	$L, \text{ м}$
1	0,1	0,03	$10^{-2}$	246	$10^{-2}$	0,015	0,88	0,01	0,61	0,1	1000
2	0,2	0,03	$10^{-2}$	256	$10^{-2}$	0,016	0,89	0,02	0,62	0,12	1050
3	0,3	0,03	$10^{-2}$	266	$10^{-2}$	0,017	0,87	0,01	0,63	0,14	1070
4	0,4	0,04	$10^{-2}$	276	$10^{-2}$	0,018	0,86	0,01	0,64	0,16	2000
5	0,5	0,04	$10^{-2}$	286	$10^{-2}$	0,019	0,85	0,01	0,65	0,18	2040
6	0,6	0,04	$10^{-2}$	296	$10^{-2}$	0,020	0,84	0,01	0,66	0,2	2050
7	0,7	0,03	$10^{-2}$	300	$10^{-2}$	0,020	0,83	0,01	0,67	0,22	2080
8	0,8	0,03	$10^{-2}$	304	$10^{-2}$	0,019	0,82	0,01	0,68	0,24	2070
9	0,9	0,04	$10^{-2}$	308	$10^{-2}$	0,018	0,78	0,01	0,69	0,26	3020
10	0,10	0,04	$10^{-2}$	312	$10^{-2}$	0,017	0,77	0,02	0,70	0,28	3090
11	0,11	0,03	$10^{-2}$	344	$10^{-2}$	0,016	0,76	0,02	0,71	0,3	4100
12	0,12	0,03	$10^{-2}$	446	$10^{-2}$	0,015	0,75	0,02	0,72	0,32	5200
13	0,13	0,03	$10^{-2}$	482	$10^{-2}$	0,015	0,74	0,02	0,73	0,34	6300
14	0,14	0,04	$10^{-2}$	642	$10^{-2}$	0,016	0,73	0,02	0,74	0,36	7400
15	0,15	0,04	$10^{-2}$	576	$10^{-2}$	0,017	0,72	0,02	0,59	0,38	4500
16	0,2	0,04	$10^{-2}$	544	$10^{-2}$	0,018	0,71	0,02	0,58	0,4	4600
17	0,5	0,03	$10^{-2}$	684	$10^{-2}$	0,019	0,7	0,01	0,57	0,21	2700
18	0,6	0,04	$10^{-2}$	662	$10^{-2}$	0,020	0,65	0,02	0,56	0,23	1800
19	0,7	0,03	$10^{-2}$	624	$10^{-2}$	0,017	0,6	0,01	0,55	0,25	1900
20	0,9	0,04	$10^{-2}$	524	$10^{-2}$	0,019	0,55	0,02	0,54	0,27	8000

Продовження таблиці 3.1

номер варіанта	$D^*, \frac{\text{Вт}}{\sqrt{\text{Гц}}}$	$A, \text{ м}^2$	$\Delta V_c, \text{ кВт}$	$\delta, \text{ см}$	$D, \text{ м}$	$\Omega_d/\Omega_0$	$\alpha$	$P_0, \text{ мВт}$	$\Delta v_0, \text{ кВт}$	$m$
1	$10^{-9}$	0,0001	250	1	1,0	0,05	0,7	1	45	0,9
2	$10^{-10}$	0,001	300	1,1	1,1	0,06	0,8	2	50	0,95
3	$10^{-11}$	0,0001	350	1,2	1,2	0,07	0,9	3	60	0,85
4	$10^{-12}$	0,001	400	1,3	1,3	0,08	1,0	4	70	0,8
5	$10^{-13}$	0,001	450	1,4	1,4	0,09	0,8	5	75	0,78
6	$10^{-11}$	0,001	500	1,5	1,5	0,08	0,9	6	80	0,76
7	$10^{-10}$	0,0001	550	1,6	1,5	0,06	0,7	7	85	0,75
8	$10^{-14}$	0,0001	600	1,7	1,4	0,07	1,0	8	90	0,77
9	$10^{-13}$	0,0001	650	1,8	1,3	0,05	0,7	9	95	0,81
10	$10^{-10}$	0,0001	700	1,9	1,2	0,04	0,8	10	100	0,82
11	$10^{-11}$	0,001	750	2,0	1,1	0,05	0,9	15	150	0,83
12	$10^{-12}$	0,0001	800	2,1	1,0	0,06	1,0	20	200	0,84
13	$10^{-11}$	0,001	850	2,2	1,1	0,07	0,8	25	250	0,91
14	$10^{-12}$	0,0001	900	2,3	1,2	0,08	0,9	30	300	0,92
15	$10^{-13}$	0,0001	950	2,4	1,3	0,09	0,7	35	350	0,93
16	$10^{-16}$	0,0001	200	2,5	1,4	0,06	1,0	40	400	0,94
17	$10^{-14}$	0,0001	150	2,6	1,5	0,05	0,7	45	450	0,6
18	$10^{-12}$	0,001	170	2,7	1,2	0,07	1,0	50	470	0,65
19	$10^{-11}$	0,0001	180	2,8	1,5	0,08	1,0	55	480	0,67
20	$10^{-9}$	0,001	190	2,9	1,3	0,09	0,7	60	$1,5 \cdot 10^3$	0,68

## Лабораторна робота «Поглинання інфрачервоного випромінювання атмосферою»

**Мета роботи:** вивчити механізми втрат світла у атмосфері, які зумовлені поглинанням інфрачервоного випромінювання та оволодіти навиками розрахунків спектрального коефіцієнта пропускання у діапазоні довжин хвиль 0,7...14 мкм за методом Ельдера-Стронга.

### 5.1 Основні теоретичні відомості

Земна атмосфера є середовищем, що складається з аерозольної суміші газів і водяної пари зі зваженими в ній частинками різних розмірів (частинки диму, земного та космічного пилу, органічні частинки і т.д.)

Нижні шари атмосфери складаються з механічної суміші азоту (78%), кисню (21%) і ряду інших газів. З цих газів, на частку яких у повітрі приходить близько 1%, на оптичні властивості атмосфери впливають вуглекислий газ та озон. Вміст CO<sub>2</sub> у поверхневому шарі атмосфери (для висот порядку 20...25 км) є нерівномірним та коливається в межах 0,3...0,05%, а O<sub>3</sub> – близько 10<sup>-5</sup>...10<sup>-3</sup>%.

Концентрація водяної пари H<sub>2</sub>O в атмосфері може бути від 10<sup>-3</sup> до 4% і залежить від географічної широти, висоти над рівнем моря, часу, пори року і місцевих метеорологічних умов. Основна кількість водяної пари є зосередженою в нижньому шарі атмосфери (до 5 км) та різко зменшується з подальшим збільшенням висоти.

Крім газів і водяної пари в нижніх шарах атмосфери постійно є пил, дим, мінеральні й органічні частинки, бактерії, краплі води і кристалики льоду. Ці частинки та домішки можуть бути центрами концентрації водяної пари, що приводить до утворення серпанку, туману, хмар і дощу.

При проходженні інфрачервоного (ІЧ) випромінювання крізь атмосферу спостерігається вибіркоче поглинання багатоатомними молекулами газів і водяною

парою. Селективність поглинання пояснюється тим, що воно відбувається на тих хвилях, частота яких є резонансною для молекул атмосферних газів [20].

Найбільш інтенсивно ІЧ випромінювання поглинається парами води, вуглекислим газом та озоном. У поверхневому шарі атмосфери смуги поглинання водяної пари перекривають смуги поглинання інших газів. У ІЧ діапазоні виділяють такі основні смуги пропускання  $\Delta\lambda_i$  (вікна прозорості) [5]:

- 0,95...1,05 мкм;
- 1,15...1,35 мкм;
- 1,5...1,8 мкм;
- 2,1...2,4 мкм;
- 3,3 ... 4,2 мкм;
- 4,5...5,1 мкм;
- 8...13 мкм.

Відносна величина пропускання у вікнах прозорості не є однозначною для всіх умов, вона залежить від висоти над рівнем моря та вмісту в атмосфері водяної пари. Зі збільшенням висоти густина повітря та вміст у ньому водяної пари зменшуються, відповідно зростає прозорість атмосфери і збільшується ширина смуг пропускання.

Т. Ельдером і Д. Стронгом був запропонований метод наближеного розрахунку прозорості атмосфери всередині спектральних смуг пропускання. Для розрахунку вибіркового поглинання всередині ділянки прозорості  $\tau_{\lambda}$  ними була запропонована логарифмічна залежність

$$\tau_{\lambda} = t_0 - k_{\lambda} \lg \varphi, \quad \% \quad (5.1)$$

де  $\varphi$  – водність (приведена товщина водяних пар у мм на 1 км відстані);  $t_0$ ,  $k_{\lambda}$  – сталі відповідної спектральної ділянки, знайдені Ельдером і Стронгом експериментально (таблиця 5.1)

Таблиця 5.1 – Сталі Ельдера і Стронга [21]

Номер ділянки	Спектральний діапазон, мкм	$k_{\text{П}}, \%$	$t_0, \%$	Номер ділянки	Спектральний діапазон, мкм	$k_{\text{П}}, \%$	$t_0, \%$
I	0,72 – 0,92	15,1	106,3	V	1,9 – 2,7	13,1	72,5
II	0,92 – 1,2	16,5	106,3	VI	2,7 – 4,3	12,5	72,3
III	1,1 – 1,4	17,1	96,3	VII	4,3 – 5,9	21,2	51,2
IV	1,4 – 1,9	13,1	81,0	VIII	5,9 – 14,0	-	-

Для атмосфери, яка містить водяну пару, але є вільною від твердих частинок, дощу і туману, застосовується така формула для розрахунку  $\omega$  (розрахункова висота 2–20 км)

$$\omega = 10^4 \alpha_0 \cdot \psi_n \cdot l, \quad (5.2)$$

де  $\alpha_0$  – гранична абсолютна вологість біля поверхні Землі у г/см<sup>3</sup> (табл. 5.2);  $\psi_n$  – відносна вологість повітря на відповідній висоті, %;  $l$  – довжина траси, у км.

Для розрахунку вибіркового поглинання водяною парою, наприклад, у випадку розсіювання ІЧ випромінювання туманом на висотах > 2 км Ельдером і Стронгом була запропонована емпірична формула [6]

$$\tau_p = (0,998)^{\omega}. \quad (5.3)$$

Таким чином, інтегральний коефіцієнт прозорості чистої вологої атмосфери може бути розрахований так

$$\tau = \tau_{\text{П}} \tau_p = (t_0 - k_{\text{П}} \lg \omega) \cdot 0,998^{\omega} \quad (5.4)$$

Таблиця 5.2 – Гранична абсолютна вологість на поверхні Землі [21]

Температура, °С	-20	-15	-10	-5	0	5	10	20	30	40	50
Гранична абсолютна вологість, мг/см <sup>3</sup>	1,08	1,60	2,35	3,41	4,86	6,32	9,4	17,3	30,3	51,1	82,8

При значному замутненні атмосфери (дощі, тумани і т. д.) характер проходження ІЧ світла є більш складним. У приземних шарах атмосфери завжди знаходяться зважені тверді та рідкі частинки, що утворюють хмари, туман і атмосферні опади. На цих частинках відбувається аерозольне дифракційне та геометричне розсіювання.

Встановлено, що характер та інтенсивність аерозольного розсіювання залежить від співвідношення між радіусом розсіювачів  $r$  і довжиною хвилі діючого випромінювання  $\lambda$ :

в області коротких хвиль ( $r \ll \lambda$ ) розсіювання залежить тільки від розміру частинок;

- при  $\lambda = r$  розсіювання є максимальним. Вимірявши залежність коефіцієнта розсіювання від довжини хвилі  $\rho = f(\lambda)$ , можна довжину хвилі максимального розсіювання вважати приблизно рівною радіусу переважної кількості розсіювачів;

- при  $\lambda > r$  розсіювання починає зменшуватися. За умови  $\lambda \approx 2r$  починається область розсіювання, в якій працює закон Релея (розсіювання змінюється пропорційно  $\lambda^{-4}$ ). При штучному тумані та серпанку (розмір розсіювачів  $r < 0,2 \dots 1 \text{ мкм}$ ) ІЧ випромінювання із довжиною хвилі  $\lambda > 2 \text{ мкм}$  поширюється на більш значну відстань у порівнянні з видимим світлом.

Для оцінювання ослаблення ІЧ світла хмарами вважають, що вони складаються переважно з крапельок радіусом  $5 \dots 7 \text{ мкм}$ . Середня відстань між краплями  $1 \dots 1,5 \text{ мкм}$ . Якщо радіус крапель стає більшим  $60 \text{ мкм}$ , вони випадають на землю у вигляді дощу.

Для частинок з  $r > 60 \text{ мкм}$  (дощ, сніг, град та ін.) розсіювання короткого та середнього ІЧ випромінювання практично не залежить від довжини хвилі, а залежить тільки від розміру частинок, тому ІЧ випромінювання не має переваг відносно видимого.

З підвищенням висоти над рівнем моря прозорість атмосфери для ІЧ випромінювання нелінійно зростає. Так, на висотах вище  $9 \dots 10 \text{ км}$  ІЧ випромінювання поширюється практично без втрат. Ідеальним середовищем для поширення світла є космічний простір (вакуум).

## 5.2 Завдання та хід виконання роботи

1. Вивчити теоретичні питання, пов'язані з особливістю проходження ІЧ випромінювання у шарах атмосфери.

2. За методом Ельдера-Стронга згідно з варіантом індивідуального завдання (таблиця 5.3) виконати розрахунок коефіцієнта пропускання атмосфери для кожної з ділянок прозорості у діапазоні  $0,72 \dots 4,9 \text{ мкм}$ , а також інтегральний коефіцієнт



прозорості чистої вологої атмосфери.

3. Побудувати графічні залежності  $\tau_p(\lambda)$  для кожної спектральної ділянки та  $\tau(\omega)$ .
4. Скласти звіт.

Таблиця 5.3 – Індивідуальні варіанти завдань

Номер варіанта	Довжина траси, км	Відносна вологість, %	Температура, °С
1	20	61	-20
2	19	65	-10
3	18	60	-5
4	17	63	0
5	16	72	5
6	15	67	10
7	14	74	15
8	13	76	20
9	12	69	25
10	11	68	30
11	10	80	35
12	9	79	40
13	8	81	45
14	7	68	50
15	6	72	-10
16	5	82	-15
17	4	70	-20
18	3	74	10
19	2	81	15
20	2	75	20

## Лабораторна робота «Вивчення серіальних закономірностей в спектрі випромінювання водню і визначення сталої Планка»

### Мета роботи

Експериментально дослідити видиму частину спектра випромінювання атомів водню, за результатами вимірювань розрахувати сталу Планка

### Для виконання лабораторної роботи студенту попередньо необхідно:

знати серіальні закономірності формування спектра випромінювання атома водню та вміти їх пояснити за теорією Бора

### Прилади і матеріали

Монохроматор типу УМ–2, неонова лампочка, прилад СПЕКТР–1

### Теоретичні відомості і опис установки

Як відомо спектр кожного газу складається з окремих спектральних ліній або груп (серій) близько розташованих ліній. Найбільш вивченим є спектр атома водню. Частоти випромінювання атома водню можна описати узагальненою формулою Бальмера у вигляді (4.4):

$$\nu_{kn} = R \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right), \quad (1)$$

де  $\nu_{kn}$  – частота випромінювання атома водню при його переході з  $k$ -го енергетичного рівня на  $n$ -й енергетичний рівень;  $R$  – стала Рідберга;  $k$  і  $n$  – цілі числа ( $n=1,2,3,\dots$ , а  $k$  набуває значень  $n+1, n+2$  і т.д.).

Стала Рідберга  $R$  у формулі (1) визначається співвідношенням (4.7) (див. §4.1)

$$R = \frac{Z^2 m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2}, \quad (2)$$

де  $Z$  – порядковий номер атома водню ( $Z=1$ );  $m=9,11 \cdot 10^{-31}$  кг – маса електрона;  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл – заряд електрона;  $\varepsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – електрична стала;  $c=3 \cdot 10^8$  м/с –



швидкість світла у вакуумі;  $h$  – стала Планка.

Кожному значенню  $n$  в (1) відповідає серія спектральних ліній. Для видимої частини спектра атома водню  $n=2$ .

Формулу (1) з урахуванням (2) можна записати таким чином:

$$\nu_{kn} = \frac{Z^2 m_e e^4}{8h^3 \varepsilon_0^2} \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right). \quad (3)$$

Виражаючи частоту випромінювання  $\nu_{kn}$  через довжину хвилі  $\lambda_{kn} = \frac{c}{\nu_{kn}}$  з (3)

одержуємо вираз для визначення сталої Планка:

$$h = 3 \sqrt[3]{\frac{m_e e^4 Z^2 \lambda_{kn}}{8 \varepsilon_0^2 c} \cdot \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2} \right)}. \quad (4)$$

З врахуванням того, що для атома водню  $Z=1$  вираз (4) перепишемо у вигляді

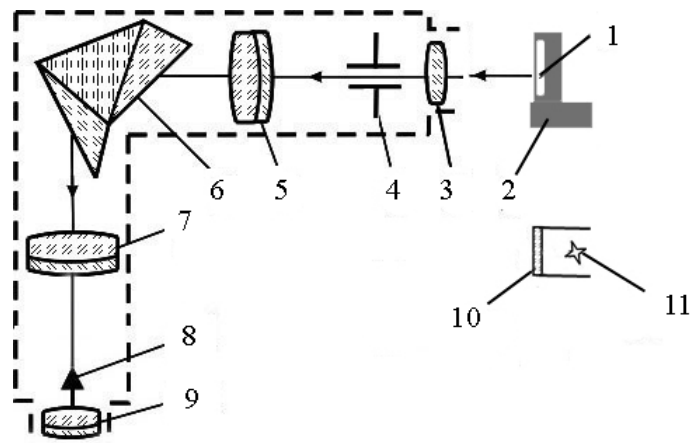
$$h = 3 \sqrt[3]{\frac{m_e e^4 \lambda_{kn}}{8 \varepsilon_0^2 c} \cdot \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{k^2} \right)}. \quad (5)$$

Перехід атомів газу із основного стану в збуджений легко здійснити за допомогою електричного розряду в розрідженому газі. Перехід атомів із збудженого стану в основний проходить спонтанно (самовільно) з випромінюванням ліній усіх серій.

В даній лабораторній роботі визначають наступні лінії в спектрі випромінювання водню, які лежать у видимій частині спектру і становлять 400–600 нм:

- червону лінію  $H_\alpha(\lambda_{3,2})$ , ( $k = 3$ );
- зелено-голубу лінію  $H_\beta(\lambda_{4,2})$ , ( $k = 4$ );
- фіолетово – синю лінію  $H_\gamma(\lambda_{5,2})$ , ( $k = 5$ );
- фіолетову лінію  $H_\delta(\lambda_{6,2})$ , ( $k = 6$ ).

Експериментальна установка зібрана на основі монохроматора УМ–2, який використовується як спектроскоп. Оптична схема установки наведена на рис. 1.

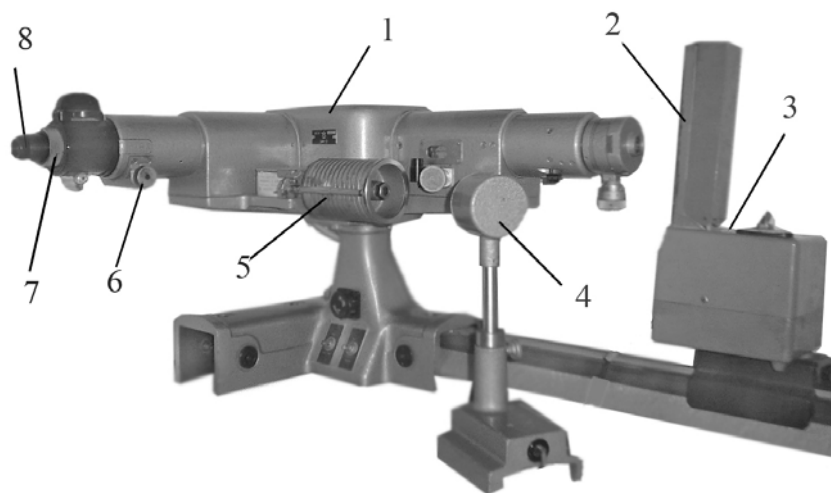


**Рис. 1**

1 – воднева газорозрядна трубка; 2 – блок живлення трубки; 3 – збиральна лінза; 4 – вхідна щілина; 5 – об’єктив коліматора; 6 – дисперсійна призма; 7 – об’єктив зорової труби; 8 – візир; 9 – окуляр; 10 – захисний кожух неонові лампочки; 11 – неонові лампочка.

На вхідну щілину 4 монохроматора направляють світло від неонові лампочки 11 в кожусі 10 або газорозрядної водневої трубки 1 пристрою СПЕКТР –1.

Загальний вигляд установки зображений на рис. 2.



**Рис. 2**

1 – монохроматор; 2 – воднева газорозрядна трубка в захисному кожусі; 3 – блок живлення трубки; 4 – неонові лампочка в захисному кожусі; 5 – барабан довжин хвиль монохроматора; 6 і 7 – регулювальні гвинти окуляра монохроматора; 8 – окуляр.

## Послідовність виконання роботи

### ЗАВДАННЯ 1. Градування монохроматора

Для цього (див.рис.2):

1. Розмістити близько до вхідної щілини монохроматора 1 неонову лампочку 4, яка розміщена в захисному кожусі, і увімкнути її в мережу 220 В.
2. Встановити ширину вхідної щілини монохроматора  $\sim 0,22$  мм.
3. Досягнути чітке зображення спектральних ліній в окулярі 8 монохроматора за допомогою регулювальних гвинтів 6 та 7, а оптимальну ширину спектральних ліній – незначним регулюванням ширини вхідної щілини монохроматора.
4. Плавнo обертаючи барабан 5 довжин хвиль монохроматора, суміщати з візиром монохроматора видимі в окуляр 8 спектральні лінії випромінювання неону та встановлювати відповідність між значеннями  $\lambda$  і відносними поділками  $n$  шкали барабана довжин хвиль (для спектру випромінювання неону значення  $\lambda$  вказані на робочому місці).
5. Результати вимірювань записати в таблицю 1.
6. Вимкнути з мережі 220 В неонову лампочку і зняти її з оптичної лави.
7. Побудувати графік залежності  $\lambda = f(n)$  (графік градування монохроматора), відкладаючи по осі  $X$  відносні поділки  $n$  шкали барабана 5 довжин хвиль, а по осі  $Y$  – довжини хвиль  $\lambda$  відповідних ліній.

Таблиця 1

$\lambda, \text{Å}$									
$n$ , відн. од.									

**ЗАВДАННЯ 2. Визначення довжин хвиль спектральних ліній  
випромінювання атомів водню та сталої Планка**

1. Розмістити на місці неонові лампочки прилад СПЕКТР – 1.
2. Увімкнути прилад СПЕКТР–1 в мережу 220 В і встановити перемикач на ньому в положення “Н<sub>2</sub>”.
3. Переміщаючи окуляр 8 зорової труби монохроматора 1 за допомогою регулювальних гвинтів 6 і 7 добитися чіткого зображення ліній випромінювання атомів водню в окулярі.
4. Дивлячись в окуляр монохроматора, встановлювати по чергові поворотом барабана 5 довжин хвиль спектральні лінії випромінювання водню навпроти візира монохроматора і проводити відліки, що відповідають цим лініям, за шкалою барабана монохроматора. Візуальний пошук ліній необхідно починати з найбільш інтенсивної червоної  $H_{\alpha}$  лінії. Одержані результати записати в таблицю 2.

**УВАГА! В спектрі водневої трубки поряд з лініями атомного спектру спостерігається спектр молекулярного водню.**

Таблиця 2

Колір і індекс лінії	$n$ , відн.од.	$\lambda$ , нм	Квантові числа		$h \cdot 10^{34}$ , Дж·с	$\Delta h \cdot 10^{34}$ , Дж·с	$\delta h$ , 100%
			$n$	$k$			
Яскраво-червона, $H_{\alpha}$			2	3			
Зелено-голуба, $H_{\beta}$			2	4			
Фіолетово-синя, $H_{\gamma}$			2	5			
Фіолетова, $H_{\delta}$			2	6			

5. Користуючись кривою градування монохроматора визначити довжини хвиль кожної з ліній випромінювання водню.
6. Розрахувати за формулою (5) сталу Планка, використовуючи довжини  $\lambda$  хвиль ліній випромінювання водню:  $H_\alpha$ ,  $H_\beta$ ,  $H_\gamma$  і  $H_\delta$ .
7. Дані, які одержані в п.п. 5–6, записати в таблицю 2.
8. Проаналізуйте одержані результати і зробіть висновки.

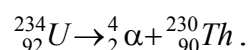
## Лабораторна робота «Визначення енергії альфа частинок по їх пробігу в повітрі»

**Мета роботи:** визначення енергії альфа-частинок по довжині їх пробігу в повітрі.

### 1. Короткі теоретичні відомості

Альфа-розпадом називається самодовільне ядерне перетворення, при якому заряд ядра зменшується на 2, а масове число — на 4. Він супроводжується випромінюванням альфа-частинки, тобто ядра атому  ${}^4_2\text{He}$ .

Як приклад наведемо розпад  ${}^{234}_{92}\text{U}$ , реакція перетворення якого



Альфа-розпад спостерігається в атомних ядрах з порядковими номерами  $Z > 82$ . Їх періоди напіврозпаду охоплюють межі від  $10^{-7}$  с до  $10^{15}$  років і більше. На сьогоднішній день відомо більше двохсот альфа-активних ядер, більшість з яких отримують штучно. Енергетичний спектр альфа-частинок дискретний (лінійчатий), бо енергетичні стани вихідного (материнського) та кінцевого (дочірнього) ядер є дискретними. Енергії  $\alpha$ -частинок різних ядер мають значення від 3-4 до 9 МеВ.

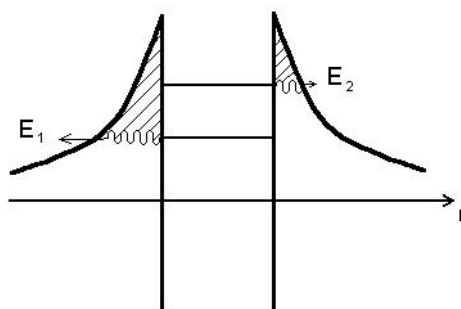


Рис. 8. Енергія взаємодії альфа-частинки з остаточним ядром

У випадку  ${}^{238}_{92}\text{U}$   $E_\alpha = 4.21$  МеВ, а висота потенціального бар'єру для альфа-частинки

$$E_{r_0} = \frac{2 \cdot (Z-2)l^2}{r_0}, \text{ якщо прийняти висоту потенціального бар'єру рівною кулонівському}$$

потенціалу на відстані  $r_0$  від центру ядра. Для  ${}^{238}_{92}\text{U}$   $E_{r_0} = 25 \text{ MeV}$ . Це справедливо, якщо  $\alpha$ -частинка вилітає з ядра з орбітальним моментом  $l = 0$ . Можливі випадки, коли  $l$  відрізняється від нуля. Якщо  $l \neq 0$ , то крім кулонівського бар'єру необхідно врахувати ще так званий відцентровий бар'єр:  $V_\delta = \frac{\hbar^2 l(l+1)}{m_\alpha r_0^2}$ . Таким чином, повна висота бар'єру

або повний потенціал взаємодії альфа-частинки з ядром

$$V(r) = \frac{2(Z-2)l^2}{r_0} + \frac{\hbar^2 l(l+1)}{m_\alpha r_0^2}.$$

Підставляючи чисельні значення величин, знаходимо  $V_\delta \approx \frac{l(l+1)}{20} \text{ MeV}$ , тобто при зміні  $l$  від 5 до 10  $V_\delta$  змінюється від 1.5 до 5.5 MeV — висота бар'єру визначається в основному кулонівським потенціалом. Згідно з класичною механікою, альфа-частинка може залишити ядро тільки тоді, коли її енергія перевищує висоту потенціального бар'єру. Тому у випадку  ${}^{238}_{92}\text{U}$  класична механіка стає в глухий кут, оскільки при значенні енергії 4.21 MeV альфа-частинка повинна була би навіки залишитися замкненою всередині ядра. Квантова механіка дає вихід з цього положення. В 1928 р. Гамов, Герні та Кондон створили теорію, яка стверджує, що альфа-частинка має скінчену ймовірність проникнути через потенціальний бар'єр за допомогою “тунельного ефекту”, навіть якщо її енергія значно менша за висоту бар'єру. Ця ймовірність зростає зі збільшенням енергії частинки. Для  $E_\alpha < 4 \text{ MeV}$  проникність бар'єру дуже мала, а отже, ймовірність випускання ядром альфа-частинки незначна. Це пояснює ту обставину, що серед відомих альфа-активних ядер жодне не випромінює альфа-частинки за енергією, яка менше за 4 MeV.

Квантова теорія виходить з рівняння Шредінгера, яке визначає хвильову функцію альфа-частинки, що знаходиться в полі. Потенціал цього поля зображено на рис. 8. Альфа-частинка, що виходить з ядра з енергією  $E_2$  має більшу ймовірність тунелювання крізь кулонівський бар'єр, ніж альфа-частинка з меншою енергією  $E_1$ . Заштрихована на малюнку площа більша для частинки з  $E_1$ .

При цьому розглядається плоска хвиля, яка падає збоку на потенціальний бар'єр. Вона частково відбивається, а частково проходить. Ймовірність  $P$  проходження частинки через потенціальний бар'єр дорівнює відношенню потоку, що пройшов, до потоку, що падає:

$$P = \exp \left\{ -2 \frac{\sqrt{2M}}{\hbar} \int_{r_0}^{r_1} [V(r) - E_\alpha]^{1/2} dr \right\},$$

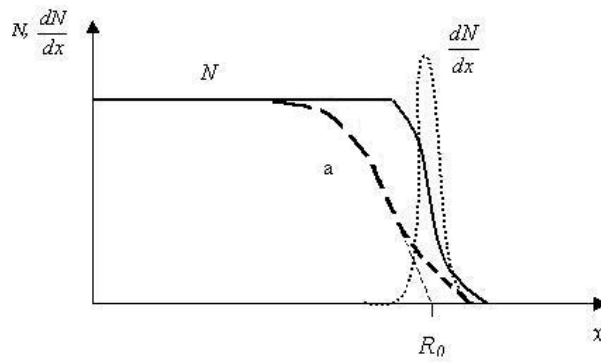
де  $M$  — приведена маса альфа-частинки та остаточного ядра, а  $E_\alpha = E \left( 1 + \frac{M_\alpha}{M_2} \right)$  — кінетична енергія альфа-частинки в лабораторній системі координат ( $M_\alpha$  — маса альфа-частинки,  $M_2$  — маса остаточного ядра).

Добуток частоти коливань альфа-частинки всередині ядра на ймовірність  $P$  (прозорість потенціального бар'єру) дає ймовірність альфа-розпаду даного ядра в одиницю часу, тобто сталу розпаду  $\lambda$ .

Залежність кількості альфа-частинок від їх повного пробігу дозволяє визначити середній або екстрапольований пробіг та по ньому знайти енергію частинок. Таким чином, задача визначення енергії альфа-частинок зводиться до експериментального визначення залежності кількості зареєстрованих альфа-частинок від відстані між джерелом та детектором.

На рис. 9 показано графік залежності кількості альфа-частинок  $N_\alpha$  з однаковими початковими енергіями в залежності від відстані від джерела  $x$  для колімованого пучка. Там же пунктирною кривою зображено розподіл альфа-частинок по пробігах, який отримано диференціюванням попередньої залежності. Максимум розподілу відповідає значенню пробігу, що дорівнює  $R_0$  та називається середнім пробігом. Він співпадає з відстанню, яку проходить половина всіх частинок.





**Рис. 9. Залежність кількості ( $N$ ) моноенергетичних альфа-частинок від шляху  $x$ , який вони пройшли від джерела в колімованому пучку, та розподіл частинок по пробігах ( $dN/dx$ ); а — випадок неколімованого пучка альфа-частинок**

Для альфа-частинок, які виникають при розпаді ядер, середній пробіг в повітрі при нормальних умовах лежить в межах приблизно від 3 до 7 см. Він пов'язаний з кінетичною енергією альфа-частинок  $E_\alpha$  співвідношенням

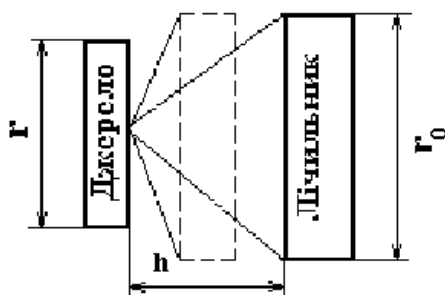
$$R_0 = 0.318 \cdot E_\alpha^{3/2}. \quad (1)$$

Функція  $N(x)$  спадає досить швидко на рис. 9, але такий вигляд вона має тільки для випадку колімованого пучка частинок. Колімація здійснюється шляхом проходження альфа-частинок через серію отворів. У випадку неколімованого пучка, залежність спадає  $N(x)$  більш повільно, бо при колімації кількість частинок зменшується не декілька порядків. Екстраполяція спадаючої ділянки на вісь абсцис дає значення кількості частинок, яке дорівнює  $R_0$  (рис. 9, крива а). У випадку пучка альфа-частинок, що розходить, збільшення відстані між радіоактивним препаратом та лічильником (тобто зменшення тілесного кута) призводить до того, що зменшується кількість частинок, що потрапила до детектору. Тому треба до результатів вимірів включити поправку на тілесний кут. Реєстрація випромінювання здійснюється, як правило, детектором з круглим вхідним вікном, радіус якого обмежений або його конструкцією, або радіусом та розташуванням діафрагми, яка знаходиться між ним та джерелом. Визначення поправки на тілесний кут  $\omega$  проводиться розрахунком за геометричними розмірами приладу. Ця поправка вказана в таблиці 1, де  $h$  — відстань

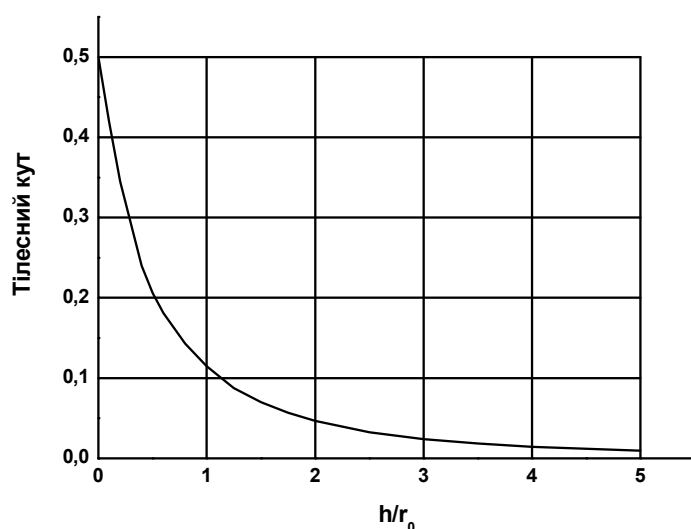
між джерелом та лічильником,  $r$  — радіус віконця радіоактивного джерела, а  $r_0$  — радіус віконця детектору:

**Таблиця 3. Поправки на тілесний кут**

$h/r_0$	$r/r_0$						
	0,0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,25	1,50
0,0	0,500	0,500	0,500	0,500	<b>0,500</b>	0,320	0,227
0,1	0,450	0,449	0,445	0,428	<b>0,419</b>	0,286	0,213
0,2	0,402	0,400	0,392	0,364	<b>0,345</b>	0,253	0,187
0,4	0,314	0,312	0,300	0,264	<b>0,240</b>	0,197	0,159
0,5	0,276	0,273	0,262	0,330	<b>0,206</b>	0,175	0,145
0,6	0,246	0,242	0,229	0,190	<b>0,181</b>	0,158	0,133
0,8	0,188	0,185	0,176	0,155	<b>0,143</b>	0,127	0,112
1,0	0,146	0,145	0,138	0,122	<b>0,115</b>	0,102	0,0870
1,25	0,144	0,143	0,0985	0,0960	<b>0,0874</b>	0,0800	0,0635
1,5	0,0810	0,0809	0,0778	0,0750	<b>0,0700</b>	0,0647	0,0584
1,75	0,0645	0,0644	0,0627	0,0610	<b>0,0568</b>	0,0536	0,0492
2,0	0,0527	0,0525	0,0511	0,0501	<b>0,0466</b>	0,0468	0,0424
2,5	0,0354	0,0353	0,0348	0,0332	<b>0,0326</b>	0,0320	0,0302
3,0	0,0256	0,0255	0,0250	0,0242	<b>0,0240</b>	0,0238	0,0230
3,5	0,0197	0,0196	0,0190	0,0188	<b>0,0186</b>	0,0180	0,0174
4,0	0,0150	0,0149	0,0146	0,0145	<b>0,0143</b>	0,0142	0,0140
5,0	0,0098	0,0097	0,0097	0,0095	<b>0,0095</b>	0,0094	0,0092



**Рис. 10. Пояснення до введення поправки на тілесний кут**



**Рис. 11. Залежність поправки на тілесний кут  $\omega$  від співвідношення  $h/r_0$  для  $r/r_0 = 1$**

## **2. Опис вимірювальної установки**

Установка складається з джерела альфа-частинок, торцевого лічильника Гейгера-Мюллера для альфа-частинок, мікрометричного гвинтового пристрою, що дозволяє змінювати відстань між джерелом та лічильником.

## **3. Порядок виконання роботи**

Виміряти залежність кількості альфа-частинок, які реєструються лічильником за певний інтервал часу. Таймер поставити в положення 30 або 100 секунд і на протязі усієї роботи більше не змінювати. Якщо вибрати час менший, то потрібно буде зробити дуже багато вимірів. А якщо взяти для вимірів більший час, то при вже досягнутій точності вимірів буде витратись зайвий час. Найзручніший час кожного вимірювання 30 с.

Торцевий лічильник Гейгера-Мюллера має дуже малу ефективність рахунку космічного фону, а ефективність рахунку альфа-частинок наближається до 100%. Тому величина фону є досить малою порівняно з величиною імпульсів, що отримують

при реєстрації альфа-частинок. В цьому необхідно перекоонатися експериментально в роботі. Впевнившись, що величиною фону при вимірах можна знехтувати, надалі виміри слід проводити тільки для альфа-частинок.

На різних відстанях джерело — лічильник ( $h$ ) проводять виміри кількості частинок. Крок виміру становить 1 мм (= один оберт гвинта). Починати виміри з  $h = 0$ . В даній установці шкала зсунута на  $h_0 = 0,44$  см. Цей конструктивний зазор на торцю лічильника зроблений для того, щоб при переміщенні гвинта не пошкодити слюдяне віконце. Тому при розрахунку до величини екстрапольованого пробігу треба додавати 0,44 см. На кожній з вибраних відстаней вимірюється інтенсивність альфа-частинок з точністю, яка задається викладачем.

Нема потреби зачиняти установку малого фону, тобто екранувати фон. Циліндричний корпус установки малого фону залишати на протязі всієї роботи відкритим.

Результати вимірів зручно занести до таблиці, врахувавши поправку на тілесний кут  $\omega$ :

<b>h, см</b>	<b>h + 0.44, см</b>	<b><math>\omega</math></b>	<b>I/<math>\omega</math></b>
0	0,44	...	...
0.1	0,54	...	...
0.2	0,64	...	...
...	...	...	...

Намалювати графік кількості зареєстрованих частинок як функцію відстані джерело — лічильник. З графіку знайти екстрапольований пробіг.

В цьому експерименті альфа-частинки вимушені рухатися в тонкому шарі слюди, але цей шар має велику густину та є ефективним поглиначем альфа-частинок. Це потрібно врахувати в кінцевому пробігу альфа-частинки. Формула перерахунку залежності енергії альфа-частинок від їх пробігу відома лише для повітря. Тому треба

тонкий шар слюди перерахувати в еквівалентний шар повітря за наступною формулою:

$$R_{0нов} = \frac{(\rho d)_{слюди}}{\rho_{нов}} \sqrt{\frac{A_{нов}}{A_{слюди}}}, \quad (2)$$

де  $(\rho d)_{слюди} = 3 \text{ мг} / \text{см}^2$  — масова товщина віконця зі слюди;

$\rho_{нов}$  — густина повітря (при нормальних умовах вона дорівнює  $0,00129 \text{ г} / \text{см}^3$ );

$A_{нов}$  та  $A_{вік}$  — ефективні атомні маси відповідно повітря (оскільки ефективна молекулярна маса повітря прийнята рівною  $28,96$ , а молекули двохатомні, то  $A_{нов} = 28,96:2 = 14,48$ ) та вікна лічильника ( $A_{вік} = 19,1$ ).

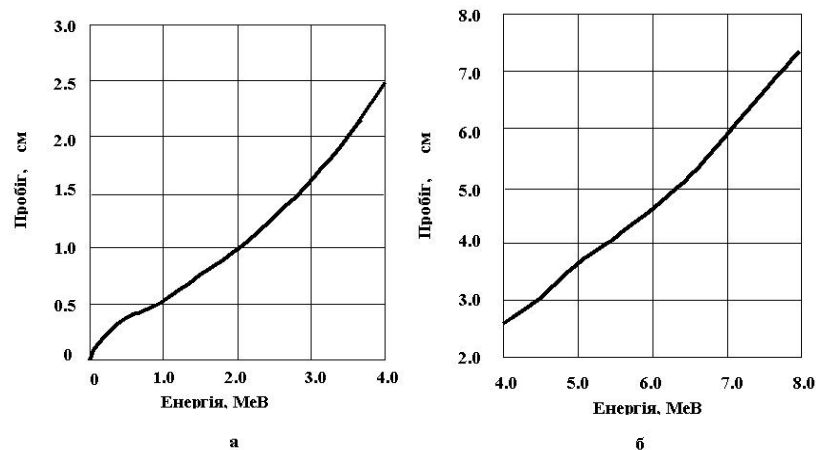
При роботі з торцевим лічильником до відстані  $X_0$  треба додати відстань  $R_{0нов}$ , яку би пролетіла альфа-частинка, якби на її шляху не було вікна лічильника з масовою товщиною  $(\rho d)_{слюди}$ . Хімічна формула слюди:  $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH_2]$ . Ця відстань обчислюється за формулою

Екстрапольований пробіг  $R_{екстр}$  обчислюють як суму  $X_0$  та  $R_{0нов}$ :

$$R_{екстр} = X_0 + R_{0нов} + 0.44 \text{ (см)}. \quad (6)$$

Тут  $X_0$  — довжина, яка виміряна по лімбу мікрометра.

Використовуючи формулу (1) отримати значення енергії альфа-частинок  $E_\alpha$ . Перевірити це значення за графіком на рис. 12.



**Рис. 12. Залежність пробігу від енергії альфа-частинки в повітрі (15 °C та 760 мм. рт. ст.):**

**а — для енергії  $E = 0-4 \text{ MeV}$ ; б — для енергії  $E = 4-8 \text{ MeV}$**



## Підготовка аудіозаписів

### План.

1. Підготувати електронний текст доповіді у форматі Microsoft Office Word:
  - Сформулювати тему та мету доповіді.
  - Сформулювати план доповіді.
  - Оформити матеріал доповіді.
  - Сформулювати висновки.
2. Електронний текст не повинен перевищувати 1-2 друковані сторінки формату А4 Times New Roman Сур, розмір шрифту – 14 пт.
3. Створюючи аудіо запис необхідно дотримуватись наступних рекомендацій:
  - За часом, аудіо запис доцільно формувати не більше 5-7 хв.
  - Між основними поняттями, теоріями та положеннями доцільно зупинятись.
  - На основні терміни, слова у визначеннях доцільно робити наголос.
  - Інтонація не повинна бути монотонною.

## Підготовка аудіовізуальних записів

### План.

1. Підготувати електронний текст доповіді у форматі Microsoft Office Word:
  - Сформулювати тему та мету доповіді.
  - Сформулювати план доповіді.
  - Оформити матеріал доповіді.
  - Сформулювати висновки.
2. Електронний текст не повинен перевищувати 1-2 друковані сторінки формату А4 Times New Roman Cyr, розмір шрифту – 14 пт.
3. Кількість слайдів для аудіовізуальної презентації рекомендується від дев'яти до дванадцяти.
  - Перший слайд обов'язково має включати тему доповіді та прізвище доповідача. Також доцільно указати свій e-mail.
  - Другий слайд має висвітлити план доповіді.
  - Останній слайд має висвітлювати короткі висновки доповіді.
  - Доцільно використовувати шрифт не менше як 14 пт Times New Roman Cyr. Інтервал краще використовувати одинарний;
4. Створюючи візуальне оформлення презентації не слід використовувати яскравих кольорів (яскраво синій, зелений, червоний, чорний). Краще використовувати блідно-голубий, блідно-рожевий, блідно-салатовий.
5. За часом, аудіовізуальні записи доцільно формувати не більше 10 хв.
6. Між основними поняттями, теоріями та положеннями доцільно зупинятись.
7. На основні терміни, слова у визначеннях доцільно робити наголос.
8. Інтенація аудіосупроводження не повинна бути монотонною.



## Створення відеоролику-презентації власної моделі\розробки

1. Підготувати електронний текст презентування власної моделі, розробки у форматі Microsoft Office Word:

- Сформулювати тему та мету моделі, розробки чи ін.
- Сформулювати план доповіді.
- Оформити матеріал доповіді.
- Сформулювати висновки.

3. Електронний текст не повинен перевищувати 1-2 друковані сторінки формату А4 Times New Roman Cyr, розмір шрифту – 14 пт.
4. Текст доповіді краще не читати під час запису а розповідати на пам'ять.
5. Відеозапис повинен продемонструвати всі основні елементи моделі, розробки чи ін.: принцип дії, принцип роботи, принцип керування.
6. Доцільно до відеозапису додати технологію створення власної розробки, моделі чи ін..
7. За часом, запис доцільно формувати не більше 10 хв.
8. Зображення має бути чітким і зрозумілим.
9. Аудіосупроводження не має бути монотонним, а повинно бути як і зображення чітким і зрозумілим.

Методичне видання

Бацуровська Ілона Вікторівна

**ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДИСТАНЦІЙНОГО  
НАВЧАННЯ ПРИ ВИВЧЕННІ ФАХОВИХ ДИСЦИПЛІН АГРАРНОЇ  
ГАЛУЗІ**

Підписано до друку 15.12.2011р.

Формат 60x84 1/16

Ум. друк. арк. 10,29

Наклад 300 прим.