

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА

Фізичний факультет  
(назва факультету)

Кафедра експериментальної фізики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана/директора  
з навчальної роботи

  
Фізичний факультет

« 30 » серпня 2022 року



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

(повна назва навчальної дисципліни)

**« ПРАКТИКУМ З ЕЛЕКТРИКИ ТА МАГНЕТИЗМУ »**

для студентів

галузь знань 10. Природничі науки  
(шифр і назва)  
спеціальність 104. Фізика та астрономія  
(шифр і назва спеціальності)  
освітній рівень бакалавр  
(молодший бакалавр, бакалавр, магістр)  
освітня програма фізика  
(назва освітньої програми)  
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання денна  
Навчальний рік 2022/2023  
Семестр 3  
Кількість кредитів ECTS 3  
Мова викладання, навчання та оцінювання українська  
Форма заключного контролю залік

Пролонговано: на 20 /20 н.р. ( \_\_\_\_\_ ) « \_ » 20 \_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

на 20 /20 н.р. ( \_\_\_\_\_ ) « \_ » 20 \_р.  
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2022

Розробник: професор, докт.фіз.-мат.наук Ящук В.М., завідувачий навчальної лабораторії кафедри експериментальної фізики Євтушенко Н.В.  
(вказати авторів: ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада, кафедра)

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри експериментальної фізики

  
(підпис) (Дмитрук І.М.)  
(прізвище та ініціали)

Протокол № 6 від «19» 05 2022р.

Схвалено науково - методичною комісією фізичного факультету

Протокол № 11 від «10» 06\_2022 року

Голова науково-методичної комісії

  
(підпис) (Олег Оліх)  
(прізвище та ініціали)

**1. Мета дисципліни** полягає засвоєнні основ сучасних теоретичних і практичних знань з курсу «Електрика та магнетизм». Це включає в себе знання основних фундаментальних закономірностей електромагнітних явищ та важливих прикладних аспектів, означень основних фізичних величин, що вводяться в курсі, формулювання фізичних законів. Проведення експериментальних дослідів з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень навчальної дисципліни, набуття практичних навичок роботи з лабораторним устаткуванням, обладнанням. Тим самим *підкреслюється експериментальний характер фізики та науки загалом.*

**2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності)**<sup>1</sup>:

1. *Знати* основні фундаментальні закономірності електромагнітних явищ та важливі прикладні аспекти. Означення основних фізичних величин, що вводяться в курсі. Формулювання фізичних законів.

2. *Вміти* сформулювати основні принципи та закони електрики та магнетизму, пояснити їх фізичний зміст. Самостійно виконувати лабораторні роботи з курсу електрики та магнетизму, вміти обробляти та пояснювати отримані результати, розраховувати похибки вимірювань та формулювати висновки. Самостійно працювати з навчально-методичною та довідковою літературою з електрики та магнетизму.

3. *Володіти елементарними навичками* роботи з вимірювальними приладами; пошуку та аналізу табличних даних, роботи з програмним забезпеченням для обробки даних, роботи в групі.

**3. Завдання (навчальні цілі):**

- розвиток навичок студентів самостійно працювати та застосовувати теоретичні знання для вирішення практичних задач;
- засвоєння методів і прийомів фізичних вимірювань та оволодіння практичними навичками користування лабораторним устаткуванням, вміння аналізувати отримані результати;
- вміння застосовувати математичний апарат для обробки отриманих результатів експерименту; оволодіння культурою запису та представлення отриманої інформації у вигляді графіків, таблиць;
- набуття та розвиток навичок комунікації, роботи в групі;
- розвиток абстрактного та критичного мислення для подальшого застосування в науковій роботі.

Дисципліна спрямована на досягнення студентами загальних компетентностей ЗК 1-3, 5, 6, 8-10, 12 та фахових компетентностей ФК 1-5, 8, 9 і 11.

**4. Анотація навчальної дисципліни:**

Навчальна дисципліна «Практикум з електрики та магнетизму» є складовою частиною вивчення базової нормативної дисципліни - загального курсу «Електрика та магнетизм». Формою викладання дисципліни «Практикум з електрики та магнетизму» є

лабораторні роботи. Заняття проводяться паралельно з курсом «Електрика та магнетизм», який включає в себе лекції та практичні заняття, у відповідності до його програми. Тематика лабораторних робіт дозволяє більш успішно опанувати такі основні розділи курсу «Електрика та магнетизм»:

1. Електростатика.
2. Постійний електричний струм.
3. Магнітне поле постійного струму.
4. Електромагнітні явища.

Оскільки лабораторні роботи представлені в недостатній кількості установок для фронтального виконання за темою, яка викладається в лекційному курсі (що унеможливорює об'єднання робіт в модулі за змістом), то для забезпечення одночасного виконання робіт всіма студентами однієї групи лабораторні роботи призначаються викладачем в *довільному порядку* (без попереднього викладення матеріалу). Тому для ефективного виконання лабораторної роботи студент повинен самостійно ознайомитись з короткими теоретичними відомостями, які подані в описі лабораторної роботи, законспектувати їх. Теоретичні відомості в описах до лабораторних робіт викладено стисло, тому для глибшого вивчення деяких теоретичних питань потрібно опрацювати рекомендовану літературу.

Для роз'яснення незрозумілих питань перед початком лабораторного заняття викладач може провести коротку *консультацію*.

#### 5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
I	1.1. Основні фундаментальні закономірності електромагнітних явищ та важливі прикладні аспекти	Захист лабораторної роботи	-	40%
	1.2. знати про взаємозв'язок окремих явищ і процесів	Захист лабораторної роботи		30%
	1.3. про складнощі проведення вимірювань, точності отримання результатів та джерела імовірних похибок	Письмове оформлення лабораторної роботи		
	1.4. загальні правила безпеки при проведенні експериментальних досліджень	Вступна лекція Інструктаж		

2	2.1. представляти та аналізувати одержані результати	Захист лабораторної роботи		25%
	2.2. працювати з нескладним експериментальним устаткуванням, оцінювати похибки вимірювання	Проведення експерименту		
	2.3. обробляти та пояснювати отримані результати	Захист лабораторної роботи		5%
	2.4. оцінювати порядки величин, що досліджуються, їх точність та ступінь достовірності, розраховувати похибки вимірювань та формулювати висновки	Оформлення лабораторної роботи,		
	2.5. самостійно працювати з навчальною, навчально-методичною та довідковою літературою з електрики.	Захист лабораторної роботи		
3	3.1. вміти працювати у групі;	Проведення експерименту		
	3.2. вміти вислуховувати співрозмовника та розуміти його точку зору.	Захист лабораторної роботи		
4.	4.1. нести особисту відповідальність за виконання правил безпеки, самостійну роботу з лабораторним устаткуванням	Проведення експерименту		
		4.2. розвиток навичок студентів автономно працювати та застосовувати свої теоретичні знання для виконання експериментального завдання		

**6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання** (необов'язково для вибіркових дисциплін які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни(код)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	3.1	3.2	4.1	4.2
	Програмні результати навчання (назва)												
ПРН1.Знати, розуміти та вміти застосовувати на базовому рівні основні положення загальної та теоретичної фізики, зокрема, класичної, релятивістської та квантової механіки, молекулярної фізики та термодинаміки, електромагнетизму, хвильової та квантової оптики, фізики атома та атомного ядра для встановлення, аналізу, тлумачення, пояснення й класифікації суті та механізмів різноманітних фізичних явищ і процесів для розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем з фізики.	+												+
ПРН2. Знати і розуміти фізичні основи астрономічних явищ: аналізувати, тлумачити, пояснювати і класифікувати будову та еволюцію астрономічних об'єктів Всесвіту (планет, зір, планетних систем, галактик тощо), а також основні фізичні процеси, які відбуваються в них.		+											
ПРН3.Знати і розуміти експериментальні основи фізики: аналізувати, описувати, тлумачити та пояснювати основні експериментальні підтвердження існуючих фізичних теорій.		+					+	+					

ПРН4.Вміти застосовувати базові математичні знання, які використовуються у фізиці: з аналітичної геометрії, лінійної алгебри, математичного аналізу, диференціальних та інтегральних рівнянь, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії груп, методів математичної фізики, теорії функцій комплексної змінної, математичного моделювання.								+	+					
ПРН8.Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшукувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.										+			+	
ПРН9.Мати базові навички проведення теоретичних та/або експериментальних наукових досліджень з окремих спеціальних розділів фізики, що виконуються індивідуально (автономно) та/або у складі наукової групи.			+	+							+		+	+
ПРН11.Вміти упорядковувати, тлумачити та узагальнювати одержані наукові та практичні результати, робити висновки.	+				+			+	+	+				+
ПРН12. Вміти представляти одержані наукові результати, брати участь у дискусіях стосовно змісту і результатів власного наукового дослідження.					+								+	
ПРН14.Знати і розуміти основні вимоги техніки безпеки при проведенні експериментальних досліджень, зокрема правила роботи з певними видами обладнання та речовинами, правила захисту персоналу від дії різноманітних чинників, небезпечних для здоров'я людини.								+						+
ПРН16.Мати навички роботи із сучасною обчислювальною технікою, вміти використовувати стандартні пакети прикладних програм і програмувати на рівні, достатньому для реалізації чисельних методів розв'язування фізичних задач, комп'ютерного моделювання явищ і процесів, виконання обчислювальних експериментів.										+	+			
ПРН19.Знати та розуміти необхідність збереження та примноження моральних, культурних та наукових цінностей і досягнень суспільства.													+	
ПРН24. Розуміти місце фізики та астрономії у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій.													+	
ПРН28. Мати уявлення про трансдисциплінарний шлях розвитку науки та його значення для вибору майбутньої освітньої траєкторії.														+

## 7. Схема формування оцінки.

Схема формування оцінки здійснюється за рейтинговою системою.

Рейтинг кожної роботи складається з **10 балів**:

- підготовка до виконання лабораторної роботи (щоб отримати допуск до виконання треба вміти відповісти на контрольні запитання щодо виконання роботи, знати мету роботи та мати протокол з теоретичними відомостями) - **1 бал**  
**Без попередньої підготовки студент не допускається до виконання лабораторної роботи.**
- виконання роботи та отримання експериментальних даних, кількість та якість вимірів – **2 бали**
- оформлення протоколу, обробка експериментальних даних: обчислення величин, похибок; пояснення розбіжностей і похибок у висновку – **3 бали**
- знання та розуміння матеріалу за темою роботи, що захищається – **4 бали**

**При виставленні балів** враховуються:

якість виконання та оформлення лабораторних робіт;  
знання та розуміння матеріалу відповідної теми при захисті лабораторних робіт;  
якість самостійної роботи студента при виконанні відповідних завдань для самостійної роботи.

Обов'язковим для заліку є виконання та захист **10** лабораторних робіт. Таким чином студент максимально може отримати **100** балів

## 7.1 Форми оцінювання студентів:

1. Письмове оформлення лабораторної роботи.
2. Усна відповідь.

### семестрове оцінювання:

Студент, який виконав три роботи та не захистив жодної з них до наступної роботи не допускається.

Лабораторні роботи (10 робіт): РН -100 балів/10 балів за *кожну*

**підсумкове оцінювання (у формі екзамену/комплексного екзамену, диференційованого заліку)<sup>2</sup>: диференційований залік**

### умови допуску до підсумкового екзамену з курсу «Електрика та магнетизм»:

Отримання заліку з дисципліни «Практикум з електрики та магнетизму» з рейтингом не менше ніж 60 балів. При невиконанні лабораторних робіт в повному обсязі, або виконанні з кількістю балів, меншою 60, студент до іспиту з курсу «Електрика та магнетизм» не допускається.

**7.2 Організація оцінювання:** *(обов'язково зазначається порядок організації передбачених робочою навчальною програмою форм оцінювання із зазначенням орієнтовного графіку оцінювання).* Оцінювання проводиться впродовж одного семестру, після виконання та захисту лабораторної роботи. Для захисту лабораторної роботи студент має подати письмовий звіт про виконання відповідної лабораторної роботи, в якому крім даних попередньої підготовки мають бути первісні дані експерименту, кінцеві показники експерименту – формула та результат обчислення шуканої величини, похибки, відповідні графіки, висновки відносно методики вимірювань і знайдених закономірностей, а також відповіді на основні питання за темою роботи.

## Основні контрольні запитання для захисту лабораторних робіт з електрики та магнетизму

### Робота № 1. Реостат і подільник напруги

Що являє собою повзунковий реостат? Яким чином можна змінювати його опір?

Регулювання сили струму і напруги в схемі з реостатом. Вивести формули для сили струму і напруги на опорі-навантаженні в схемі з реостатом.

Регулювання сили струму і напруги в схемі з подільником напруги. Вивести формули для сили струму і напруги на опорі-навантаженні в схемі з подільником напруги.

Правила Кірхгофа для електричного кола постійного струму.

Коли раціональніше застосовувати схему з реостатом і коли – схему з подільником напруги?

Яку електричну схему потрібно зібрати для того, щоб можна було лінійно змінювати напругу на опорі-навантаженні?

## **Робота № 2. Метод компенсації в електричних вимірюваннях**

Сторонні сили. Робота сторонніх сил по переміщенню заряду в електричному колі. Електрорушійна сила.

Що таке ЕРС джерела струму? Які види ЕРС Ви знаєте?

Внутрішній опір джерела струму. Закон Ома для повного кола постійного струму.

Як можна виміряти ЕРС та внутрішній опір певного джерела струму?

Правила Кірхгофа для електричного кола постійного струму.

Принцип дії електролітичного акумулятора та сухого гальванічного елемента (батареї).

Принцип дії нормального елемента Вестона та залежність його ЕРС від температури.

У чому полягає ідея методу компенсації? Вимірювання ЕРС джерела струму методом компенсації.

Вивести формулу для визначення ЕРС досліджуваного гальванічного елемента.

Природа термо-ЕРС. Внутрішня та зовнішня контактна різниця потенціалів. Залежність їх від температури.

## **Робота № 3. Залежність опорів металів та напівпровідників від температури**

Зонна теорія твердого тіла. Відмінність між провідниками, діелектриками та напівпровідниками.

Носії струму в металах. Класична теорія електропровідності металів. Залежність опору від температури. За яких умов вона буде лінійною?

Розподіл електронів в твердому тілі за станами з різною енергією. Статистика Фермі-Дірака.

Носії струму в напівпровідниках. Власна провідність напівпровідників.

Поняття про заборонену зону напівпровідника. Що таке ширина забороненої зони?

Домішкова провідність напівпровідників. Напівпровідники n- та p-типу. Навести приклади.

Залежність опору напівпровідників від температури. Чому вона має експоненційний характер?

Чому провідники і напівпровідники мають принципово різні залежності їх опору від температури?

## **Робота № 4. Вивчення електростатичних полів**

Електричне поле. Електростатичне поле. Сила, що діє на заряд в електричному полі. Напруженість електричного поля. Лінії напруженості.

Потенціал електричного поля. Еквіпотенціальні поверхні. Форма еквіпотенціальних поверхонь для точкового заряду, нескінченно довгого рівномірно зарядженого циліндра, нескінченної рівномірно зарядженої площини.

Зв'язок між потенціалом та напруженістю електричного поля. Як в електричному полі взаємно орієнтовані лінії напруженості та еквіпотенціальні поверхні?

Яке електричне поле називається однорідним? Навести приклади.

Вивести формули для потенціалу та напруженості електричного поля між двома точковими зарядами  $+q$  і  $-q$ . Відстань між зарядами  $l$ .

Вивести формули для потенціалу та напруженості електричного поля між двома нескінченними рівномірно зарядженими плоскими поверхнями. Поверхневі густини зарядів  $+\sigma$  і  $-\sigma$ . Відстань між поверхнями  $l$ .

Вивести формули для потенціалу та напруженості електричного поля між двома концентричними рівномірно зарядженими сферичними поверхнями. Радіуси сфер  $R_1 < R_2$ , заряди сфер  $+q$  і  $-q$ .



Вивести формули для потенціалу та напруженості електричного поля між двома коаксіальними нескінченно довгими циліндричними поверхнями. Радіуси циліндрів  $R_1 < R_2$ , заряд на одиниці довжини циліндрів  $+\lambda$  і  $-\lambda$ .

На якій підставі можна електростатичне поле моделювати полем електричних струмів в електроліті?

Скориставшись рівнянням неперервності, законом Ома в диференціальній формі та теоремою Гауса, оцінити час, за який зникне флуктуація густини заряду  $\rho$  всередині матеріалу провідника з питомою провідністю  $\sigma$ .

### **Робота № 5. Процеси в електричному колі змінного струму**

Який струм називається змінним? Які ви знаєте методи одержання змінного струму?

Чому в колі змінного струму між струмом і напругою на конденсаторі виникає різниця фаз? Реактивний опір конденсатора, його залежність від частоти струму (напруги).

Чому в колі змінного струму між струмом і напругою на котушці індуктивності виникає різниця фаз? Реактивний опір котушки індуктивності, його залежність від частоти струму (напруги).

Закон Ома для кола змінного струму. Імпеданс.

Співвідношення між амплітудами та фазами струмів, що протікають через активний опір, індуктивність та ємність, і прикладеною до них напругою.

Методи вимірювання амплітуд та різниці фаз змінних напруг за допомогою осцилографа.

### **Робота № 6. Спад напруги на реактивних опорах.**

Закон Ома для кола змінного струму. Активний опір, реактивний опір. Імпеданс.

Квазістаціонарний струм. Умова квазістаціонарності для кола змінного струму.

Символьний метод розрахунку параметрів електричних кіл змінного струму (метод комплексних амплітуд).

Метод векторних діаграм для розрахунку параметрів електричних кіл змінного струму.

Вивести формулу для залежності  $U_C$  від  $\omega$ .

Вивести формулу для залежності  $U_L$  від  $\omega$ .

Резонанс напруг в колі змінного струму.

Резонанс струмів в колі змінного струму.

Робота і потужність змінного струму. Ефективні значення напруги і сили струму.

### **Робота № 7. Релаксаційні коливання у схемі з неоновією лампою**

Самостійний та несамостійний газові розряди. Навести приклади.

Вимушені коливання. Автоколивні системи.

Чому неонову лампу можна використовувати для одержання електричних коливань? Чи будуть такі коливання гармонічними?

Які процеси відбуваються в неоновій лампі при проходженні через неї електричного струму?

Вивести формулу для залежності напруги на неоновій лампі від часу.

Вивести формулу для періоду коливань схеми з неоновією лампою. Чому час наростання напруги на неоновій лампі  $\tau_2$  значно більший за час її спадання  $\tau_1$ ?

Яким чином можна змінювати частоту релаксаційних коливань в схемі з неоновією лампою?

Як зміниться період релаксаційних коливань при збільшенні е.р.с. джерела струму  $E$ ?

### **Робота № 8. Вивчення роботи дзеркального гальванометра**

З яких основних елементів складається дзеркальний гальванометр? Принцип його дії. Принцип дії електровимірювальних приладів електростатичної, магнітоелектричної та електромагнітної систем.

Рівняння руху рамки дзеркального гальванометра та його розв'язок. Довести, що можливі три режими руху рамки.

Чутливість гальванометра до струму і напруги. Динамічна стала приладу.

Балістична стала гальванометра. Яким чином вона вимірюється в роботі?

Як можна визначити внутрішній опір гальванометра?

Балістичний режим роботи гальванометра.

### **Робота № 9. Вимірювання напруженості магнітного поля вздовж осі соленоїда індукційним методом**

Явище електромагнітної індукції. ЕРС індукції.

Явище взаємної індукції. ЕРС взаємної індукції. Коефіцієнт взаємної індукції. Від чого він залежить?

Індукція та напруженість магнітного поля, зв'язок між ними.

Вивести формулу для напруженості магнітного поля на осі колового контуру зі струмом.

Що являє собою соленоїд? Який соленоїд називають нормальним?

Вивести формулу для напруженості магнітного поля на осі соленоїда (всередині та іззовні соленоїда).

99 Яким методом визначається напруженість магнітного поля в даній роботі?

### **Робота № 10. Явище гістерезису в феромагнетиків**

Магнітна індукція  $B$  і напруженість магнітного поля  $H$ . Намагніченість магнетика  $J$ . Зв'язок між цими величинами.

Види магнетиків (діамагнетики, парамагнетики, феромагнетики, антиферомагнетики, феромагнетики).

Залишкова намагніченість феромагнетика. Коерцитивна сила. М'які та жорсткі феромагнетики. Застосування феромагнетиків.

Що таке гістерезис? Яким чином можна пояснити його виникнення у феромагнетиків?

Як у даній роботі вимірюються напруженість та індукція магнітного поля? Яким чином можна експериментально виміряти петлю гістерезису?

Як за нульовою кривою намагнічення можна визначити залежність магнітної проникливості  $\mu$  від напруженості магнітного поля  $H$ ? Чому дорівнює максимальна проникливість в даній роботі?

Точка Кюрі. Закон Кюрі-Вейса для феромагнетиків. Чи буде спостерігатися петля гістерезису в феромагнетиків при температурі, вищій за точку Кюрі?

### **Робота № 12. Визначення концентрації носіїв заряду в напівпровідниках з ефекту Холла**

Носії заряду в напівпровідниках. Власна та домішкова провідність напівпровідників.

Механізм виникнення е.р.с. Холла в напівпровідниковій пластинці.

Як за допомогою ефекту Холла можна визначити концентрацію носіїв заряду в напівпровіднику? Як можна визначити знак носіїв заряду?

Яким чином в даній роботі можна позбавитися від впливу побічних факторів на величину е.р.с. Холла?

Чи може ефект Холла спостерігатися в металах?

Яким чином за допомогою ефекту Холла можна виміряти індукцію магнітного поля?

Принцип дії магнітогідродинамічного генератора струму.

### **Робота № 13. Двопровідна лінія.**

Що являє собою двопровідна лінія? Якими величинами вона характеризується? Які практичні застосування двопровідної лінії ви знаєте?

Вивести рівняння, що описують розповсюдження електромагнітних хвиль у двопровідній лінії.

Інтерференція хвиль. Нерухомі (стоячі) хвилі. Пучності та вузли нерухомої хвилі.

Чому на кінці закороченої двопровідної лінії ( $Z_n = 0$ ) спостерігається вузол напруги?

Від яких характеристик двопровідної лінії залежить довжина хвилі, що вздовж неї розповсюджується? Швидкість розповсюдження хвиль?

Розрахувати ємність та індуктивність одиниці довжини двопровідної лінії. З одержаних значень знайти швидкість поширення хвиль вздовж лінії та її хвильовий опір.

З одержаних в роботі графіків визначити довжину хвилі, що поширюється вздовж двопровідної лінії, та частоту генератора.

Скін-ефект. Пояснити, чому для двопровідної лінії використовуються не суцільні металеві провідники, а трубчасті.

Принцип дії приймача-індикатора для вимірювання розподілу амплітуди напруги вздовж двопровідної лінії.

### **Робота № 14. Ефект Пельтьє.**

У чому полягає ефект Пельтьє? У яких матеріалах він спостерігається?

Ефект Зеєбека. Термопар. Вимірювання температури за допомогою термопар.

До якої мінімальної температури можна охолодити верхній спай мікрохолодильника в даній роботі? Чим ця температура визначається?

Що потрібно змінити в електричній схемі даної роботи, щоб верхній спай мікрохолодильника не охолоджувався, а нагрівався?

Зв'язок між теплопровідністю та електропровідністю металів. Закон Відемана-Франца.

Чому залежність температури верхнього спаю мікрохолодильника від сили струму є нелінійною?

Яким чином можна експериментально визначити коефіцієнт Пельтьє для даного мікрохолодильника?

### **Робота № 15. Розширення шкали мікроамперметра та вольтметра**

Ціна поділки електровимірювального приладу. Як її можна визначити експериментально?

Що таке клас точності електровимірювального приладу?

Що означають позначення на шкалі електровимірювального приладу?

Чому шкала електровимірювального приладу магнітоелектричної системи є рівномірною, а електромагнітної – нерівномірною?

Як впливає на відносну точність вимірювання положення стрілки на шкалі приладу? За якої умови ця точність буде максимальною?

Як можна в даній роботі визначити внутрішній опір мікроамперметра?

Яким чином за допомогою амперметра можна вимірювати напругу?

Як за допомогою амперметра, призначеного для вимірювання струмів  $\leq 0,01$  А, можна виміряти силу струму 1,3 А?

Як за допомогою амперметра з внутрішнім опором 500 Ом, призначеного для вимірювання струмів  $\leq 0,01$  А, можна виміряти напругу 1,3 кВ?

### **Робота № 16. Дослідження властивостей $p-n$ переходу**

Як зонна теорія твердого тіла пояснює механізми власної та домішкової провідності напівпровідників?

Напівпровідники  $n$ - та  $p$ -типу. Основні та неосновні носії заряду в таких напівпровідниках.

$p-n$ -перехід. Власне електричне поле переходу. Дифузійний та дрейфовий струми. Контактна різниця потенціалів.

Пряме та зворотне включення  $p-n$ -переходу. Рух основних та неосновних носіїв через  $p-n$ -перехід під дією прямої та зворотної напруги. Чому  $p-n$ -перехід має односторонню провідність?

Вольт-амперна характеристика (ВАХ)  $p-n$ -переходу. Чим відрізняються ВАХ для  $p-n$ -переходів у різних напівпровідникових матеріалах?

Вольт-фарадна характеристика (ВФХ)  $p-n$ -переходу. Чому при зростанні зворотної напруги ємність  $p-n$ -переходу зменшується?

Практичні застосування  $p-n$ -переходу.

### **7.3 Шкала відповідності оцінок**

<b>Відмінно / Excellent</b>	90-100
<b>Добре / Good</b>	75-89
<b>Задовільно / Satisfactory</b>	60-74
<b>Незадовільно / Fail</b>	0-59
<b>Зараховано / Passed</b>	60-100
<b>Не зараховано / Fail</b>	0-59

## **8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лабораторних занять.**

В « Практикумі з електрики та магнетизму» в наявності 15 робіт (16 установок):

- Робота № 1. Реостат і подільник напруги.
- Робота № 2. Метод компенсації в електричних вимірюваннях.
- Робота № 3. Залежність опорів металів та напівпровідників від температури (2 установки).
- Робота № 4. Вивчення електростатичних полів.
- Робота № 5. Процеси в електричному колі змінного струму.
- Робота № 6. Спад напруги на реактивних опорах.
- Робота № 7. Релаксаційні коливання у схемі з неоновною лампою.
- Робота № 8. Вивчення роботи дзеркального гальванометра.
- Робота № 9. Вимірювання напруженості магнітного поля вздовж осі соленоїда індукційним методом.
- Робота № 10. Явище гістерезису в ферромагнетичу.

- Робота № 12. **Визначення концентрації носіїв заряду в напівпровідниках з ефекту Холла.**
- Робота № 13. **Двопровідна лінія.**
- Робота № 14. **Ефект Пельтьє.**
- Робота № 15. **Розширення шкали мікроамперметра та вольтметра.**
- Робота № 16. **Вивчення р-п переходу.**

№ заняття	Порядковий номер лабораторної роботи	Кількість годин	
		Лабораторні роботи	Самостійна робота
1.	<b>Вступне заняття.</b> Проведення інструктажу з техніки безпеки (про це робиться відповідний запис у лабораторному журналі). Правила внутрішнього розпорядку, встановленого в лабораторії «Практикум з електрики та магнетизму». Ознайомлення з розміщенням лабораторних робіт та робочих місць. Вимоги до виконання розкладу; виконання, оформлення та захисту лабораторних робіт.	4	
2.	Лабораторна робота № 1.	3	3
3.	Лабораторна робота № 2	3	3
4.	Лабораторна робота № 3.	3	3
5.	Захист робіт, що виконані.	3	4
6.	Лабораторна робота № 4.	3	3
7.	Лабораторна робота № 5.	3	3
8.	Лабораторна робота № 6.	3	3
9.	Захист робіт, що виконані.	3	4
10.	Лабораторна робота № 7.	3	3
11.	Лабораторна робота № 8.	3	3
12.	Лабораторна робота № 9.	3	3
13.	Лабораторна робота № 10.	3	3
14.	Захист робіт, що виконані.	4	4
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>44</b>	<b>45</b>

Загальний обсяг 90 год.<sup>3</sup>, в тому числі (вибрати необхідне):

Лабораторні заняття - 44 год.

Консультації - 1 год.

## 9. Рекомендована література<sup>4</sup>:

### *Основна*

1. Електрика та магнетизм. Лабораторний практикум: Навчальний посібник для студентів фізичного факультету / В.М. Кравченко, В.Ю. Кудря, Ю.О. Мягченко, В.М. Ящук.– Вінниця: Твори, 2019.– 110 с.
2. Гуменюк А.Ф. Електрика та магнетизм.- К., 2008.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики: Т. III. Электричество.- М., 2004.-
4. Савельев И.В. Курс общей физики: Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.- М., 1988.
5. Калашников С.Г. Электричество.- М., 2003.

### *Додаткова*

1. Блецкан Д.І., Горват А.А., Кабацій В.М. Електричні вимірювання.- Ужгород, 2008.
2. Борбат О.М. та ін. Електричний практикум.- К., 1964.
3. Савельев И.В. Курс общей физики: Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твёрдого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц.- М., 1987.
4. Парселл Э. Электричество и магнетизм. Берклевский курс физики. Т. 2. (пер. с англ.).- М.: Наука, 1983.

## 10. Додаткові ресурси (за наявності):

- 1.Робоча програма з дисципліни «Практикум з електрики та магнетизму»  
<http://exp.phys.univ.kiev.ua/ua/Curricula/index.html>