

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра

мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАГНІТНІ ВИМІРЮВАННЯ

(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма:

Якість, стандартизація та сертифікація
(назва освітньої програми)

Спеціальність:

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань:

15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти:

бакалавр
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
мікро-та наноелектроніки
(найменування кафедри)

Протокол №1 від 17.08.2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Магнітні вимірювання Навчальна дисципліна вибіркової компоненти
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Сніжної Г.В., доцент, к. фіз.-мат. н., д. техн. н., завідувач кафедри мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, телефон викладача 0504860966, e-mail: snow@zp.edu.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 90 годин кредитів – 3 кредити ЄКТС розподіл годин: 14 годин лекційних, 14 годин лабораторних, 2 години - індивідуальне науково-дослідне завдання (ІДЗ), 60 годин самостійна робота, вид контролю – залік
Консультації	Згідно з графіком консультацій
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
<p>Пререквізити Дисципліни: ОК03 – «Фізика», ОК05 – «Українська мова за професійним спрямуванням», ОК09 – «Фізична хімія», ОК18 – «Методи та засоби вимірювань, випробувань та контролю».</p> <p>Постреквізити Дисципліни: ОК 24 – «Інтелектуальні сенсорні системи».</p>	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>Магнітні вимірювання (МВ) – це курс теоретично-практичного спрямування, в якому розглядаються основні магнітні характеристики речовин, методи та пристрої для отримання стаціонарних, змінних та імпульсних магнітних полів; методи вимірювання магнітних моментів, методи вивчення магнітної структури феромагнетиків, вимірювання електромагнітних втрат; динамічної кривої намагнічування.</p> <p>Вивчення навчальної дисциплін «Магнітні вимірювання» дозволить студентів приймати обґрунтовані рішення при випробування властивостей сталей різних марок в постійних та змінних магнітних полях.</p> <p>Загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - K01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; - K02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; - K08. Здатність вчитися, здобувати нові знання, уміння, у тому числі в галузі, відмінній від професійної. <p>Фахові компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> - K13. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки / невизначеності у відповідності з моделями вимірювання; - K16. Здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань; - K21. Здатність до здійснення налагодження і дослідної перевірки окремих видів приладів в лабораторних умовах і на об'єктах. <p>Очікувані програмні результати навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ПР02. Знати і розуміти основні поняття метрології, теорії вимірювань, математичного та 	

комп'ютерного моделювання, сучасні методи обробки та оцінювання точності вимірювального експерименту.;

- ПР06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації;
- ПР08. Вміти організовувати та проводити вимірювання, технічний контроль і випробування;
- ПР12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів, в тому числі шляхом математичного моделювання;
- ПР14. Вміти організувати процедуру вимірювання, калібрування, випробувань при роботі в групі або окремо.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

формування у студентів системних знань з теорії та практики магнітних вимірювань, ознайомлення з головними експериментальними методами дослідження різноманітних класів магнітовпорядкованих речовин.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – є ознайомлення з принципами планування наукового експерименту; ознайомлення з методами та пристроями для отримання стаціонарних, змінних та імпульсних магнітних полів.

Практичні – сформувати практичні навички з прямими та непрямими методами визначення основних магнітних характеристик та параметрів.

6. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. *Дослідження магнітних характеристик та магнітної структури магнетиків різних типів.*

Вступ. Мета і задачі вивчення дисципліни, її взаємозв'язок з іншими дисциплінами. Короткі історичні відомості про магнітометрію матеріалів.

Тема 1. *Магнітні характеристики речовини.*

Основні магнітні характеристики речовини в постійному магнітному полі. Магнітний момент, намагніченість, магнітна індукція. Магнітна сприйнятливність, магнітна проникність. Крива намагнічування, петля гістерезису. Розмагнічуюче поле і розмагнічуючий фактор. Метод Релея зсуву кривих намагнічування. Характеристики матеріалів в змінних магнітних полях.

Тема 2. *Методи вимірювання напруженості магнітного поля.*

Методи, які основані на вимірюванні магнітного потоку (балістичний метод, магнітні парасольки). Методи, які основані на вимірюванні різноманітних характеристик речовини, що залежать від поля (метод ядерного магнітного резонансу, метод датчиків Холла).

Тема 3. *Методи вимірювання магнітних моментів.*

Методи, які базуються на вимірюванні сили, що діє на зразок в неоднорідному полі (методи Фарадея, Гюї). Важільні терези, обертальні терези, маятникові терези. Астатичний магнітометр. Методи, які базуються на вимірюванні магнітного потоку, балістичний метод. Флюксметр. Вібраційний магнітометр. Магнітооптичний мікромагнітометр. Метод вивчення розподілу намагніченості в малих феромагнітних зразках сучасної мікроелектроніки.

Тема 4. *Нейтроннографічні методи вивчення магнетиків.*

Магнітна структура магнітовпорядкованих речовин. Колінеарні феромагнітні та антиферомагнітні структури. Неколінеарні структури (трикутна структура, слабкий феромагнетизм). Гелікоїдальні структури (проста спіраль, конусна спіраль, складна спіраль, поздовжня статична спінова хвиля). Визначення магнітних структур нейтроннографічним методом (визначення конфігураційної симетрії, величини та абсолютні орієнтації магнітних моментів відносно кристалографічних осей). Розшифровка порошкових нейтроннограм.

Модуль 2.

Змістовий модуль 2. *Дослідження магнітних характеристик та магнітної структури феромагнетиків та ядерні методи дослідження магнетизму.*

Тема 5. *Методи вивчення магнітної структури феромагнетиків.*

Метод порошкових фігур, вивчення порошкових фігур за допомогою електронного мікроскопа. Електронно-оптичний метод Співака. Стробоскопічний електронний мікроскоп. Вивчення доменної структури та структури доменних границь магнітооптичними методами. Фотографічний метод (з використанням ефекту Кера). Методи, які базуються на ефекті Фарадея.

Тема 6. *Методи дослідження кристалографічної магнітної анізотропії.*

Природа магнітної кристалографічної анізотропії. Визначення констант магнітної анізотропії по кривим намагнічування (метод наближення до насичення). Метод обертальних моментів. Метод феромагнітного резонансу (ФМР).

Тема 7. *Феромагнітний резонанс.*

Рівняння руху Ландау і Ліфшиця в присутності високочастотного магнітного поля. Векторні співвідношення для магнітного моменту. Тензори магнітної сприйнятливості та магнітної проникності. Врахування втрат розмагнічуючого поля і поля анізотропії. Ширина резонансної кривої, час релаксації, g-фактор. Визначення намагніченості насичення, тензору магнітної сприйнятливості методом феромагнітного резонансу. Вимірювання констант магнітної анізотропії. Експериментальні спостереження феромагнітного резонансу.

Тема 8. *Ядерні методи дослідження магнетизму.*

Ядерний магнітний резонанс. Особливості ЯМР у магнітовпорядкованих середовищах. Експериментальні методи. Метод спінового еха. Основна інформація про феро- і антиферомагнетики, яка отримується за допомогою ЯМР. Ефект Месбауера. Параметри месбауерівського спектру. Будова і робота месбауерівського.

Заключна. *Перспективи розвитку магнітометрії для контролю і прогнозуванню механічних та службових властивостей конструкційних сталей.*

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Магнітні характеристики речовини.	лекція	2
1	Методи розрахунку магнітних полів соленоїда.	лабораторна робота	2
2	Методи вимірювання напруженості магнітного поля.	лекція	2
2	Порівнювальний аналіз різних засобів вимірювання напруженості магнітного поля	лабораторна робота	2
3	Методи вимірювання магнітних моментів.	лекція	2
3	Отримання низьких температур методом адіабатичного розмагнічування парамагнітних солей.	лабораторна робота	2
4	Нейтроннографічні методи вивчення магнетиків.	лекція	2
4	Домени в антиферомагнетиках. Магнітооптичні методи дослідження.	лабораторна робота	2
5	Методи вивчення магнітної структури феромагнетиків.	лекція	2
5	Методи вимірювання сприйнятливості слабомагнітних речовин.	лабораторна робота	2
6	Методи дослідження кристалографічної магнітної анізотропії.	лекція	2
6	Експериментальні методи дослідження магнітних властивостей атома і атомного ядра.	лабораторна робота	2

7	Феромагнітний резонанс. Ядерні методи дослідження магнетизму	лекція	2
7	Промислові методи вимірювання магнітних характеристик.	лабораторна робота	2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1, 2	Магнітні характеристики речовини.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	6	Усне опитування на лекціях.
3, 4	Методи вимірювання напруженості магнітного поля.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	6	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
5,6	Методи вимірювання магнітних моментів.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
7	Нейтроннографічні методи вивчення магнетиків.	Опрацювання конспекту лекцій, підготовка до лабораторних робіт.	6	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
8, 9	Методи вивчення магнітної структури феромагнетиків.	Опрацювання літератури, підготовка до практичних занять, індивідуальна робота.	10	Усне опитування на лекціях, реферат.
9,10	Методи дослідження кристалографічної магнітної анізотропії.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях.
11,12	Феромагнітний резонанс.	Опрацювання літератури, конспекту лекцій, підготовка до лабораторних робіт.	10	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
13,14	Ядерні методи дослідження магнетизму.	Опрацювання літератури, індивідуальна робота.	6	Усне опитування на лекціях, лабораторних заняттях.
15	Особливості ЯМР у магнітопорядкованих середовищах.	Опрацювання конспекту лекцій, літератури, індивідуальна робота.	4	Усне опитування на лекціях.

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (не менш ніж 2 години на тиждень або за попередньою домовленістю);
- використання системи дистанційного навчання Moodle: листування за допомогою електронної пошти snow@zp.edu.ua (у форматі 24/7);
- відеозустріч в системі Zoom, Meeting, аудіо спілкування або смс у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача або за домовленістю);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача або за домовленістю у Viber та Telegram).

9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістових модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовний модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. У цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому оцінюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансфертної системи (ECTS –A, B, C, D, E, FX, F).

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85 – 89	B	добре	
75 – 84	C		
70 – 74	D		
60 – 69	E	задовільно	
35 – 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1 – 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Оцінка «відмінно» виставляється студентові за повне та відмінне виконання завдання без або з незначною помилкою. Оцінка «добре» - за правильне виконання завдання але з деякими помилками. Оцінка «задовільно» – за виконання завдання в достатньому обсязі зі значною кількістю недоліків або в мінімальному обсязі. Оцінка «незадовільно» виставляється студентові, який не виконав завдання або його обсяг недостатній та містить грубі помилки.

Оцінки «зараховано» заслуговує студент, який виявив повне (певне) знання навчального матеріалу, успішно (частково) виконав передбачені програмою завдання, засвоїв рекомендовану основну літературу. Оцінка «зараховано» виставляється студентам, які засвідчили системні (не системні) знання понять та принципів навчальної дисципліни і здатні до їх самостійного поповнення та оновлення (використання) під час подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. Одночасно вони допустили певні неточності, пропуски, помилки, які зумовили некоректність окремих результатів та висновків.

Оцінка «незараховано» виставляється студентові, який виявив значні прогалини в знаннях основного навчального матеріалу, допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань, незнайомий з основною літературою, а також студентам, у яких відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100 бальною шкалою.

Під час контролю по першому змістовому модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента при захисті лабораторних робіт оцінюється до 60 балів;
- індивідуальна робота (ІДЗ) – до 20 балів;

- рубіжний контроль (МК) – до 20 балів:

Під час контролю по другому змістовому модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента при захисті лабораторних робіт оцінюється до 60 балів;
- індивідуальна робота (ІДЗ) – до 20 балів;
- рубіжний контроль (МК) – до 20 балів:

Підсумковий контроль визначається як середня двох контролів за змістові модулі.

Поточне тестування та самостійна робота										Підсумкова
Змістовий модуль №1					Змістовий модуль № 2					
ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	ПЗ	ЛР	ІДЗ	МК	Σ	100
-	60	20	20	100	-	60	20	20	100	

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Під час підсумкового контролю (заліку) враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті лабораторних робіт студента оцінюється (до 60 балів всього);
- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при модульному контролі студента оцінюється (до 20 балів всього);
- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуальної роботи студента оцінюється до 20 балів.

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента).

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (сервіс Moodle) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання.

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено в Положенні про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка»

<https://zp.edu.ua/normativna-baza-navchalnogo-procesu>

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3.