

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра фізики напівпровідників**



**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Декан фізичного факультету

*В.Ю. Лазур* /Лазур В.Ю./

«29» червня 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА (СИЛАБУС)  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
«Первинні перетворювачі і сенсори  
біомедичних величин»**

Рівень вищої освіти	<b>Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти</b>
Галузь знань	<b>16 Хімічна та біоінженерія</b>
Спеціальність	<b>163 Біомедична інженерія</b>
Предметна спеціальність (Спеціалізація) <i>(за наявності)</i>	
Освітня програма	<b>Біомедична інженерія</b>
Статус дисципліни	<b>вибіркова</b>
Мова навчання	<b>українська</b>

**Ужгород 2023 р.**

Робоча програма навчальної дисципліни «Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин» для здобувачів вищої освіти галузі знань **16 Хімічна та біоінженерія** спеціальності **163 Біомедична інженерія** освітньої програми **Біомедична інженерія**.

**Розробники:** Когутич А.А., доцент, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики напівпровідників  
Горват А.А., доцент, канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики напівпровідників


Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри фізики напівпровідників

протокол № 7 від «29» червня 2023 р.

Завідувач кафедри  Височанський Ю.М.

Схвалено науково-методичною комісією фізичного факультету

протокол № 10 від «29» червня 2023 р.

Голова науково-методичної комісії  Карбованець М.І.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### «Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин»

Найменування показників	Розподіл годин за навчальним планом	
	денна форма навчання	
Кількість кредитів ЄКТС - 4	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин - 120	3-й	
Кількість модулів - 2	Семестр:	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4	5-й	
	Лекції	
	30	
	Практичні, семінарські	
Вид підсумкового контролю: екзамен	Лабораторні	
	30	
Форма підсумкового контролю: комбінована	Самостійна робота	
	60	

## 2. МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІ

Навчальна дисципліна «Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин» належить до вибіркової компоненти циклу професійної підготовки освітньої програми підготовки бакалаврів спеціальності «Біомедична інженерія», в якій має шифр ВК 2.2.5.

**Метою** вивчення навчальної дисципліни є:

- набуття професійних знань про специфіку створення, устрій та використання датчиків та вимірювальних перетворювачів фізичних величин в медичній апаратурі різноманітного призначення;
- розуміння фізико-технічних принципів функціонування медичних і технічних пристроїв;
- одержання навиків застосування знань до розв'язування конкретних практичних задач.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти повинні:

**знати:**

- специфіку технічних та біологічних систем як джерел первинної інформації;
- про особливе значення датчика та вимірювального перетворювача в радіоелектронній апаратурі;
- методи та засоби вимірювання біоелектричних потенціалів;
- методи та засоби реєстрації електромагнітних полів об'єктів;
- методи та засоби перетворення неелектричних характеристик в електричні сигнали;
- джерела похибок перетворення інформаційних сигналів, особливо методичного характеру;

**вміти:**

- обирати вид перетворювача в залежності від технічної чи медичної задачі;
- визначати структуру та типові схемотехнічні рішення для електронного вимірювального тракту;
- оцінювати похибки перетворення, вплив завад, обирати методи їх уникнення чи компенсації;

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

<b>Інтегральна компетентність</b>	Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у біомедичній інженерії або у процесі навчання, що передбачає застосування певних теорій та методів хімічної, біологічної та медичної інженерії, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.	
<b>Загальні компетентності (ЗК)</b>	ЗК1	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
	ЗК4	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
	ЗК6	Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
	ЗК7	Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
	ЗК8	Здатність приймати обґрунтовані рішення.
<b>Фахові компетентності спеціальності (ФК)</b>	ФК3	Здатність вивчати та застосовувати нові методи та інструменти аналізу, моделювання, проектування та оптимізації медичних приладів і систем.
	ФК5	Здатність застосовувати фізичні, хімічні, біологічні та математичні методи в аналізі, моделюванні функціонування живих організмів та біотехнічних систем.

	ФК6	Здатність ефективно використовувати інструменти та методи для аналізу, проектування, розрахунку та випробувань при розробці біомедичних продуктів і послуг.
	ФК8	Здатність проводити дослідження та спостереження щодо взаємодії біологічних, природних та штучних систем (протези, штучні органи та ін.).
	ФК9	Здатність ідентифікувати, формулювати і вирішувати інженерні проблеми, пов'язані з взаємодією між живими і неживими системами.

### 3. ПЕРЕДУМОВИ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Передумовами вивчення навчальної дисципліни «**Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин**» є опанування таких навчальних дисциплін (НД) освітньої програми (ОП):

Вища математика  
Механіка, молекулярна фізика і термодинаміка  
Електрика і магнетизм, оптика  
Квантова фізика  
Загальна хімія  
Анатомія, фізіологія та патологія людини  
Біохімія  
Фізичний практикум

### 4. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньої програми «**Біомедична інженерія**», вивчення навчальної дисципліни «**Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин**» повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

ПРН1	Застосовувати знання основ математики, фізики та біофізики, біоінженерії, хімії, інженерної графіки, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, інформатики, отримання та аналізу сигналів і зображень, автоматичного управління, системного аналізу та методів прийняття рішень на рівні, необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії.
ПРН8	Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою.

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «**Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин**»:

ПРН1	Застосовувати знання основ фізики та біофізики, механіки, опору та міцності матеріалів, властивості газів і рідин, електроніки, і необхідному для вирішення задач біомедичної інженерії, зокрема розуміти технічні і функціональні характеристики систем, методів і процедур, що використовуються в медицині та біології, вивчати нові методи та інструменти аналізу.
------	---

ПРН8	Розуміти теоретичні та практичні підходи до створення та керування медичним обладнанням та медичною технікою. Зокрема вивчати нові методи та інструменти аналізу та технічні і функціональні характеристики систем, методів і процедур, що використовуються в медицині та біології.
------	---

## 5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Підсумковим засобом оцінювання результатів навчання з дисципліни «Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин» є екзамен.

Методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- виконання завдань модульних контрольних робіт;
- підготовка до виконання лабораторної роботи у робочому зошиті;
- відповіді і виконання тестів при допуску до виконання роботи на лабораторних заняттях;
- чітке виконання вимірювань; записів у таблицях з вказанням розмірностей фізичних величин і оцінкою похибок;
- якість оформлення звіту, у тому числі використання програмних продуктів типу Excel, Origin;
- виконання додаткових індивідуальних завдань;
- захист результатів лабораторної роботи;
- виступ на науковій конференції студентів фізичного факультету.

### Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю:

- усне опитування та виконання тестових завдань на лабораторних заняттях;
- письмове виконання завдань модульних контрольних робіт.

Форма модульного контролю: складається з поточного контролю та оцінювання модульної контрольної роботи

Форма підсумкового семестрового контролю: екзамен.

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 1)

Поточне оцінювання та самостійна робота				Виконання завдань ЛР	Модульна КР	Сума
T1	T2	T3	T4	40	40	100
5	5	5	5			

T1, T2 ... – теми

### Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти (модуль 2)

Поточне оцінювання та самостійна робота										Виконання завдань ЛР	Модульна КР	Сума
T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	40	40	100
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			

T1, T2 ... – теми

### Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

За роботу протягом семестру в залежності від виду рубіжного контролю виставляється така максимальна кількість балів:

## **Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю з курсу «Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин»**

Оцінки “відмінно” (А) заслуговує студент, який виявив всебічне і глибоке знання програмового матеріалу, вміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, засвоїв основну і ознайомився з додатковою літературою, розуміє взаємозв'язок головних понять дисципліни та їх значення для майбутньої професії.

Оцінки “дуже добре” (В) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив незначні неточності.

Оцінки “добре” (С) заслуговує студент, що виявив повне знання програмового матеріалу, успішно виконує передбачені програмою завдання, засвоїв основну літературу, рекомендовану програмою, виявив систематичний характер знань з дисципліни і здатний до їх самостійного поповнення, але під час відповіді допустив неточності і помилки.

Оцінки “задовільно” (D) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “задовільно” виставляється студентам, що допустили помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення.

Оцінки “достатньо” (E) заслуговує студент, що виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією, вміє виконувати завдання, передбачені програмою, знайомий з основною рекомендованою літературою. Як правило, оцінка “достатньо” виставляється студентам, що допустили грубі помилки у відповіді на екзамені та при виконанні екзаменаційних завдань, але які володіють необхідними знаннями для їх усунення за допомогою викладача.

Оцінка “незадовільно” (FX) виставляється студенту, який виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань. Студенти, які не з'явилися на екзамен без поважних причин, вважаються такими, що одержали незадовільну оцінку.

Оцінка “неприйнятно” (F) виставляється студенту, не виконав повністю план навчальної дисципліни, виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань, не виявив знання основного програмового матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та майбутньої роботи за професією.

Залік з фізичного практикуму виставляється студенту, який повністю виконав всі завдання лабораторних робіт, оформив їх протоколи, виправивши при цьому можливі зауваження керівника заняття і захистив всі передбачені індивідуальним навчальним планом лабораторні роботи.

За результатами рейтингового контролю знань студентів, дозволяється виставлення залікової відмітки “зараховано” або екзаменаційної оцінки (без складання заліку чи іспиту) із відповідною оцінкою за системою ECTS у випадку набору кількості балів, що відповідає мінімальній оцінці E з кожного модуля. При цьому підсумкова оцінка може бути визначена як інтегрована оцінка засвоєння всіх тем і кількісно дорівнює сумі балів отриманих за кожен модуль з ваговим коефіцієнтом 0,25 та врахування оцінки НДРС (макс.15 б.) та реферату за шкільний курс фізики (макс.10 б.). Студент має право підвищити оцінку за системою ECTS, складаючи залік або екзамен.

## ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ РЕЙТИНГОВОЇ СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЗНАТЬ СТУДЕНТІВ ФІЗИЧНОГО ФАКУЛЬТЕТУ УЖНУ

### з курсу " Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин "

1. Рейтинг - це комплексний показник успішності студента, рівня його обізнаності в предметі, що вивчається. Цей показник характеризує якість знань, систематичність в роботі студента, його творчість, активність і самостійність.

2. Максимальна сума балів за всі види робіт (практичні, контрольні, самостійне вивчення, колоквиуми, підсумковий екзамен) з курсу становить 100 балів

3. За кожну виконану і захищену лабораторну роботу виставляється максимальна кількість балів, визначена для кожної лабораторної роботи. При цьому враховується результати допуску до виконання завдань, якість одержаних результатів та оформлення роботи, розуміння фізичної суті досліджуваних явищ, вміння користуватись фізичними приладами та захист роботи згідно наведених вимог у пункті «Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни» для фізичного практикуму.

4. Викладачі можуть встановлювати заохочувальні бали за активну участь в обговоренні теоретичного матеріалу та в розв'язку задач, творче виконання завдань, за додаткову індивідуальну роботу, яка сприяє поглибленому вивченню курсу (підготовка рефератів, участь в студентських олімпіадах, наукових конференціях, конкурсах наукових робіт, активна робота в наукових гуртках, публікація статей), однак загальна сума балів курсу та відповідного фізичного практикуму не може перевищувати максимальну суму балів, визначену в п.2 та п.3.

5. Таким чином, рейтинг - це сума набраних студентом балів в першому семестрі 2-го курсу за різнобічну діяльність в опануванні курсом "Електрика і магнетизм, оптика" і відповідним фізичним практикумом, яка виступає чисельним показником якості його роботи в порівнянні з максимально можливою кількістю балів та результатами однокурсників.

6. Для переводу кількості набраних балів в оцінку ECTS (Європейська система трансферу кредитів) використовують наступну систему:

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка ECTS	Характеристика	Еквівалент оцінки	
			за п'ятибальною шкалою (екзамени)	Заліки
90-100	A	Відмінно	Відмінно -5	Зараховано
82 - 89	B	Дуже добре	Добре - 4	Зараховано
74 - 81	C	Добре	Добре - 4	Зараховано
64- 73	D	Задовільно	Задовільно - 3	Зараховано
60 - 63	E	Достатньо	Задовільно - 3	Зараховано
35 - 59	FX	Незадовільно з можливістю перескладання	Незадовільно - 2	Незараховано
0 - 34	F	Недостатньо з обов'язковим повторним навчанням	Незадовільно - 1	Незараховано

## 6. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### 6.1. Зміст навчальної дисципліни

**Модуль 1. Загальні властивості, технології одержання і підключення первинних вимірювальних перетворювачів.**

**Змістовні модулі:**

Тема 1. Вступ. Роль і місце сенсорів неелектричних величин в сучасній медичній діагностичній техніці.

Тема 2. Основні характеристики сенсорів. Основні поняття і визначення. Основні характеристики сенсорів. Інтегровані та інтелектуальні перетворювачі, сучасні вимоги до них.

Тема 3. Вимірювальні кола первинних перетворювачів. Класифікація перетворювачів. Вимірювальні кола генераторних перетворювачів. Вимірювальні кола параметричних перетворювачів.

Тема 4. Методи одержання чутливих елементів сучасних сенсорів. Товсто- і тонкоплівкові чутливі елементи. Мікроелектронна технологія одержання чутливих елементів. Керамічна технологія.

**Модуль 2 . Фізичні основи роботи первинних перетворювачів.**

**Змістовні модулі:**

Тема 5. Резистивні сенсори. Принцип дії та загальні властивості. Контактні перетворювачі та сенсори контактного опору. Реостатні перетворювачі. Тензорезистори.

Тема 6. П'єзоелектричні сенсори. Фізичні основи роботи п'єзоелектричних перетворювачів. Ультразвукові сенсори. П'єзорезонансні перетворювачі.

Тема 7. Електростатичні сенсори. Фізичні принципи дії та електрична еквівалентна схема. Ємнісні датчики.

Тема 8. Електромагнітні сенсори. Принцип дії та теоретичні основи розрахунку електромагнітних перетворювачів. Індуктивні перетворювачі. Індукційні перетворювачі. Магнітопружні датчики. Магнітотрансдукційні перетворювачі.

Тема 9. Гальваномагнітні сенсори. Датчики Холла. Магніторезистивні перетворювачі. Гальваномагнітнорекомбінаційні перетворювачі.

Тема 10. Електрохімічні сенсори. Загальні теоретичні основи електрохімічних перетворювачів. Електрохімічні резистивні перетворювачі. Гальванічні перетворювачі. Кулонометричні датчики. Полярнографічні перетворювачі. Іоністори.

Тема 11. Теплові сенсори. Теоретичні основи розрахунку теплових перетворювачів. Принцип дії термоелектричних датчиків. Терморезистори, основи їх розрахунку. Різновидності термочутливих елементів. Пірометри.

Тема 12. Оптиелектронні сенсори. Основні властивості оптичного випромінювання. Джерела випромінювання. Приймачі випромінювання. Волоконно-оптичні датчики.

Тема 13. Квантові вимірювальні перетворювачі. Основні положення теорії квантових явищ, які використовуються у вимірювальній техніці. Вимірювальні перетворювачі з використанням ядерного магнітного резонансу та ядерного квадрупольного резонансу. Перспективні напрями розвитку інтелектуальних сенсорних систем.

## 6.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Форма навчання: денна					
	у тому числі					
	Усього	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Індивідуальна робота студента	Самостійна робота студента
<b>5-семестр</b>						
<b>Модуль 1. Загальні властивості, технології одержання і підключення первинних вимірювальних перетворювачів.</b>						
Тема 1. Вступ.	6	2		2		2
Тема 2. Основні характеристики сенсорів.	6	2				4
Тема 3. Вимірювальні кола первинних перетворювачів.	8	4				4
Тема 4. Методи одержання чутливих елементів сучасних сенсорів.	8	4				4
Разом за модуль	28	12		2		14
<b>Модуль 2 . Фізичні основи роботи первинних перетворювачів.</b>						
Тема 5. Резистивні сенсори.	12	2		4		6
Тема 6. П'єзоелектричні сенсори.	12	2		4		6
Тема 7. Електростатичні сенсори.	4	2				2
Тема 8. Електромагнітні сенсори.	12	2		4		6
Тема 9. Гальваноманітні сенсори	12	2		4		6
Тема 10. Електрохімічні сенсори.	12	2		4		6
Тема 11. Теплові сенсори	12	2		4		6
Тема 12. Оптоелектронні сенсори.	12	2		4		6
Тема 13. Квантові вимірювальні перетворювачі. Перспективні напрями розвитку інтелектуальних сенсорних систем.	4	2				2
Разом за модуль	92	18		28		46
Разом за дисципліну	120	30		30		60

## 6.2. Теми практичних занять

Проведення практичних занять для дисципліни «Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин» навчальним планом не передбачено.

## 6.3. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1.	Вступне заняття. Інструктаж з правил ТБ	2
2.	Резистивні сенсори переміщень. Тензорезистори.	4
3.	Ультразвукові сенсори	4
4.	Електрохімічні сенсори. Безконтактне визначення концентрації розчинів. Сенсори токсичних газів.	
5.	Індуктивні та індукційні сенсори.	4
6.	Датчики магнітного поля.	

7.	Контактні і безконтактні методи вимірювання температури.	4
8.	Фотоелектричні сенсори.	4
	Разом	30

#### 6.4. Самостійна робота

№ з/п	Назви теми	Кількість годин
		Денна форма навчання
1.	Тема 1. Вступ.	2
2.	Тема 2. Основні характеристики сенсорів.	4
3.	Тема 3. Вимірювальні кола первинних перетворювачів.	4
4.	Тема 4. Методи одержання чутливих елементів сучасних сенсорів.	4
5..	Тема 5. Резистивні сенсори.	6
6..	Тема 6. П'єзоелектричні сенсори.	6
7.	Тема 7. Електростатичні сенсори.	2
8.	Тема 8. Електромагнітні сенсори.	6
9.	Тема 9. Гальваноманітні сенсори	6
10.	Тема 10. Електрохімічні сенсори.	6
11.	Тема 11. Теплові сенсори	6
12.	Тема 12. Оптиелектронні сенсори.	6
13.	Тема 13. Квантові вимірювальні перетворювачі	2
	Всього	60

#### 6.5. Методи навчання

Навчальний процес в основному здійснюється за традиційною технологією: лекції, виконання завдань лабораторного практикуму, позааудиторна робота. Під час проведення занять використовуються засоби наочності (зокрема лекційні демонстрації, плакати, моделі, відеофільми). Виконання завдань лабораторного практикуму сприяє набуттю навиків узагальнення і математичного формулювання, встановлених в експерименті закономірностей, вміння їх отримувати, осмислювати і застосовувати як інструмент дослідження і головним чином спрямовано на опанування методами розв'язання типових конкретних задач, які найчастіше зустрічаються у практичній роботі.. З окремих тем проводяться проблемні лекції на практичних і лабораторних заняттях застосовується метод креативної дискусії та методика “альтернативних груп”. Всі види занять, контрольні заходи, консультації, самостійна робота студентів проводяться згідно приведених вище у таблицях графіку і послідовності.

З метою активізації самостійної роботи та забезпечення її ефективності студентам надається можливість виконувати творчі роботи й завдання, що носять пошуковий та аналітичний характер. Зокрема такими є виконання індивідуальних творчих при виконанні лабораторних робіт, написання письмової відповіді на завдання, яке передбачає здатність знаходити у літературі конкретні відповіді на питання і систематизувати їх, підготовка короткого реферату, в якому студент має можливість не лише переказувати чужі думки, а й висловлювати власні, що передбачає й критичний аналіз різних точок зору, розв'язок нестандартної задачі, підготовка наукової доповіді та її презентація.

#### 6.6. Організація самостійної і індивідуальної роботи студентів

Самостійна робота є складовою частиною вивчення дисципліни. Вона організовується згідно графіка самостійної роботи студентів, де вказується зміст самостійної роботи, форма контролю.

Самостійна робота студентів при вивченню дисципліни організовується на лекціях та практичних заняттях. Для самостійної роботи можуть використовуватись години самопідготовки в лабораторному практикумі з курсу «Первинні перетворювачі і сенсори біомедичних величин», де наявне повне методичне забезпечення курсу. Для контролю за самостійною роботою з лекційного курсу передбачено колоквиуми, де перевіряється здатність студентів творчо мислити, усно формулювати фізичні положення і твердження. Ці колоквиуми є перманентними, проводяться щодня на протязі тижня, студент, який не склав, одержує консультацію.

При самостійній роботі над лекційним курсом рекомендується використати записи лекцій і навчальні посібники, що приводяться в списку літератури. Для зручності використання навчальних посібників студенти повністю забезпечуються розширеною програмою з вказаними розділами і параграфами.

Для стимулювання самостійної роботи на лекціях пропонуються невеликі домашні завдання, в основному у вигляді вправ, часткових випадків, виводів простих формул, рефератів. Теми рефератів можуть бути загальними або індивідуальними.

Підготовка до лабораторних занять, їх виконання, оформлення звітів передбачає велику самостійну роботу як вдома, так і при роботі в лабораторії. Перш ніж приступити до виконання лабораторної роботи, студент повинен підготувати теоретичні питання, які стосуються даної лабораторної роботи по рекомендованій літературі, підготувати в робочому зошиті необхідні таблиці і схеми, знати хід роботи, виводи робочих формул, вміти оцінити похибки вимірювань. Після допуску викладачем до виконання роботи студент повинен чітко вести записи в робочому зошиті і на протязі заняття не тільки виконати вимірювання по лабораторній роботі, але і провести пробні обчислення вимірюваної величини і оцінити похибки вимірювань. У години самопідготовки або в домашніх умовах студент оформляє звіт про виконану роботу і знайомиться з методичними матеріалами по наступній лабораторній роботі, вивчає теоретичний матеріал, готує таблиці і схеми в робочому зошиті, виводить робочі формули і формули для похибок вимірювань.

## **7. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, (типу Epson EB-S6), персональний компютер (Intel Pentium 3,2 GHz/1Gb/160Gb, Монітор 15'' TFT) , плакати (біля 30),

Дистанційна платформа Moodle

Прилади і матеріали:

1. Джерела живлення постійного струму  
ВИП-009, ВИП-010, ЛИПС-35, Б5-44, Б5-50,
2. Джерела живлення змінного струму:  
Автотрансформатори ЛАТР з додатковими трансформаторами Блоки живлення до лабораторних столів К505
3. Аналогові вольтампметри постійного струму (магнітоелектричні) М2024, М2017, М1020, М244, М75, гальванометри М20521, М906
4. Вольтметри, амперметри для постійного і змінного струму (електромагнітні) Э-59, АСТ,
5. Мультиметри цифрові М830В, DT838, Mastech MY64
6. Вольтметр електронний ВК7-15
7. Вольтметр цифровий В7-21
8. Міст змінного струму Р598
9. Ваги електронні лабораторні CAS MWP - 300
10. Вимірювач ємності цифровий Е8-4
11. Осцилографи С1-74, С1-67, С1-72, С1-76, С1-70
12. Вимірювач добротності ВМ 560
13. Лабораторні макети (стенди) з первинними перетворювачами
14. Люксметр Ю110
15. Омметри ІЦ-34
16. Термостат рідинний ВТ4
17. Високочастотний кондуктометр
18. рН - метр
19. Пірометр Пірометр
20. Монохроматор УМ2

## 8. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### Основна література

1. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець та ін. ; за ред. Є. С. Поліщука ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 584 с. : іл
2. Горват А.А., Височанський Ю.М. Фізичні основи сенсорики. Навчальний посібник –Ужгород. Вид. УжНУ. 2007. –120 с.
3. Горват А.А., Когутич А.А. Основи інформаційно-вимірювальної техніки. Лабораторний практикум: навчальний посібник– Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2016.– 175 с.
4. Вуйцик В. та інші. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. Науково-навчальне видання. В 3 томах. Том 1 /Вуйцик., Готра З.Ю., Григор'єв В.В., Каліта В., Мельник О.М., Потенці Є.; За редакцією З.Ю. Готри. –Львів: Ліга-Прес, 2002. – 475 с.
5. Вуйцик В. та інші. Мікроелектронні сенсори фізичних величин. Науково-навчальне видання. В 3 томах. Том 2 /Вуйцик., Готра З.Ю., Григор'єв В.В., Каліта В., Мельник О.М., Потенці Є.; За редакцією З.Ю. Готри. –Львів: Ліга-Прес, 2003. – 595 с.
6. Метрологія та вимірювальна техніка. Підручник/ Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та інші. За ред. проф. Є.С. Поліщука. – Львів: Бескід-Біт. 2003. –544 с.
7. Поліщук Є.С. Методи та засоби вимірювань неелектричних величин. Підручник. – Львів: Львівська політехніка. 2000. –360 с.

### Допоміжна література

1. R.W. Cateral. Chemical Sensors. Oxford, UK. Oxford University Press. 1997.
2. Головка Д.Б., Рєго К.Г., Скрипник Ю.О. Автоматика і автоматизація технологічних процесів. –К.: Либідь, 1997.–232 с.
3. L. Ristic. Sensor Technologies and Devices. Artech House. Boston, London. 1994.
14. M. Prudenziati. Thic Film Sensors. Elsevier. Amsterdam. 1994.
5. D.G. Buerk. Biosensors. Theory and Application. Technomic. Lancaster, Basel. 1993.

### Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

- <http://www.nbuv.gov.ua> (Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського)
- <http://www.lib.uzhnu.edu.ua/> (Наукова бібліотека УжНУ)
- <http://4uth.gov.ua/> (Державна бібліотека України для юнацтва)
- <https://ddpu.edu.ua/fizmatzbirnyk/slovniky/sl11.pdf> (М.О. Вакуленко , О.В. Вакуленко. Фізичний тлумачний словник)
- <https://www.unian.ua/science> (Новини науки і технологій)

## Результати перегляду

Робоча програма перезатверджена на 20 \_\_\_ / 20 \_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Височанський Ю.М.  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20 \_\_\_ / 20 \_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Височанський Ю.М.  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20 \_\_\_ / 20 \_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Височанський Ю.М.  
(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20 \_\_\_ / 20 \_\_\_ н.р. без змін; зі змінами (Додаток \_\_\_).  
(потрібне підкреслити)

протокол № \_\_\_ від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ р. Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Височанський Ю.М.  
(підпис) (Прізвище ініціали)