

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра фізичної та біомедичної електроніки

Затверджено

На засіданні ФБМЕ
факультету електроніки та комп'ютерних
технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 30 серпня 2021 р.)

Завідувач кафедри Бордун О.М.

Силабус з навчальної дисципліни

“Фізична електроніка”

підготовки бакалаврів
галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування
спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка
факультет електроніки та комп'ютерних технологій

Львів 2022

Назва дисципліни	Фізична електроніка
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. Драгоманова, 50
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	15 Автоматизація та приладобудування спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка
Викладачі дисципліни	Бігун Роман Іванович, доктор фіз.-мат. наук, доцент
Контактна інформація викладачів	roman.bihun@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/stasyuk-z-v
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a5283a0eb97ef49d4bdeb1ef3897bf582%40thread.tacv2/conversations?groupId=9b40638b-c8ab-47ce-977f-0a402795dadc&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Фізична електроніка» є нормативною дисципліною з спеціальності 15 Автоматизація та приладобудування спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка, яка викладається в 5-му семестрах в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс „Фізична електроніка” є одним з основних у профілюючій підготовці студентів технічних спеціальностей. Без ґрунтовних знань з фізики та електроніки неможлива майбутня повноцінна професійна діяльність в областях математичного моделювання, інженерного проектування, тощо. Закони та явища фізики є основою сучасної електроніки, фундаментом для різних галузей науки і техніки. Їхнє вивчення під час лекційних і лабораторних занять дасть змогу опанувати багато інших важливих курсів на факультеті електроніки. Лабораторний практикум з курсу „ Фізична електроніка” для студентів факультету електроніки та комп'ютерних технологій є важливим фундаментом для набуття навиків роботи з апаратурою, дає відомості про методи дослідження фізичних явищ, закладає передумови для самостійної прикладної та наукової роботи.
Мета та цілі дисципліни	Виклад основних закономірностей руху заряджених частинок у вакуумі, газовому середовищі, твердих тілах та системах пониженої розмірності, закономірностей виходу заряджених частинок з твердих тіл (основи емісійної електроніки), та розгляд базових принципів застосування згаданих закономірностей при проектуванні, розробці і побудові сучасних пристроїв вакуумної, плазмової, емісійної і нано-електроніки.

<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<p style="text-align: center;">Методичне забезпечення</p> <p>1. З.В. Стасюк, Р.І. Бігун, М.М. Козак., Я.А. Пастирський., Б.Р. Пенюх. Вакуумна та плазмова електроніка. Лабораторний практикум. За заг. ред. Проф. З.В. Стасюка.– Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка. 2020. 480 с.</p> <p style="text-align: center;">Рекомендована література</p> <p>2. С. Поп, І. Шароді. Фізична електроніка. Львів “Свросвіт”, 2001, - 247с.</p> <p>3.С.М. Левитський. Фізична електроніка: Підручник. К.:ВЦ “Київський університет”, 2005, - 153с. (електронна версія)</p> <p>4. А.А. Шука. Электроника. Учебное пособие/ Под ред. проф. А.С. Сигова. СПб.: БВХ-Петербург, 2008, - 800с. (електронна версія)</p> <p>5. В.В. Евстифеев. Эмиссионные явления на поверхности твердого тела. Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008, - 240с. (електронна версія)</p> <p>6. Л.Н. Добрецов, М.В. Гомоюнова. Эмиссионная электроника. М.: “Наука”, 1966, - 564с. (електронна версія)</p> <p>7.А.И. Аксенов, А.Ф. Злобина. Вакуумная и плазменная электроника. Учебное пособие, Томск, 2007, - 168с. (електронна версія)</p> <p style="text-align: center;">Допоміжна</p> <p>8. Б.П. Никонов. Оксидный катод. – М.: Энергия”, 1979, - 240с.</p> <p>9. Н.А. Соболева, А.Е. Меламид. Фотоэлектронные приборы. М.: “Высшая школа”, 1974, - 376с.</p>
<p>Обсяг курсу</p>	<p>92 години аудиторних занять. З них 48 години лекцій, 48 години лабораторних робіт та 91 годин самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p style="text-align: center;">Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>Знати:</p> <p>1. Основні закономірності руху заряджених частинок в електромагнітному полі різної геометрії та різних середовищах.</p> <p>2. Основні закономірності виходу електронів з твердих тіл.</p> <p>3. Основні напрямки практичного використання сучасних вакуумної, плазмової, твердотільної та нано- технологій в науці та техніці.</p> <p>Вміти:</p> <p>1. Використовувати засвоєний матеріал для аналізу, прогнозування та пояснення принципів дії сучасних пристроїв електроніки.</p> <p>2. Розв'язувати рівняння руху заряджених частинок в електромагнітному полі.</p> <p>3. Проводити експериментальні та теоретичні дослідження з використанням вивченого матеріалу при автоматизації роботи сучасних пристроїв фізичної електроніки.</p>
<p>Ключові слова</p>	<p>Електромагнітне поле. Емісійна електроніка. Фізика низькотемпературної плазми. Алгоритми керування електровакуумними приладами. Електронні мікроскопи та електронографи.</p>
<p>Формат курсу</p>	<p>Мішаний</p>
<p>Теми</p>	<p>Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння та розкриття тем сучасної електроніки.</p>
<p>Темати</p>	<p>Див. СХЕМА КУРСУ</p>
<p>Підсумковий контроль, форма</p>	<p>Іспит.</p>
<p>Пререквізити</p>	<p>Для вивчення дисципліни необхідні знання з таких розділів математики і фізики: математичний аналіз, основи векторного аналізу та теорії диференціальних рівнянь, механіка, електрика, теорія електромагнітного поля.</p>

Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, демонстрації, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусії, онлайн зустрічі, гуртки та самостійна робота студентів над напрямками сучасної електроніки.
Необхідне обладнання	Мультимедіа, платформа Moodle, платформа MS Teams, комп'ютерне програмне забезпечення
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 50-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: максимальна кількість балів 15. • три контрольні роботи: максимальна кількість балів 25. • активність у самостійній роботі 10
	<p style="text-align: center;">Загалом упродовж семестру 50 балів.</p> <p>Іспит проводиться в письмовій формі з наступною усною співбесідою. Білет з іспиту включає в себе два запитання з програми даного курсу, одну задачу, тестові завдання і оцінюється в 50 балів.</p> <p>Контрольні роботи проводяться у формі тестових завдань. Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань Контрольні роботи проводяться у формі тестових завдань. Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані під час семестру, виконанні самостійної роботи та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до контрольних робіт	Перелік питань та завдань для проведення контрольних робіт розміщені на веб-сторінці.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (3 годинні лабораторні заняття)	Термін виконання
1	Вступ. Предмет сучасної фізичної електроніки. Властивості газів при понижених тисках, поняття вакууму. Елементи балістики заряджених частинок. Рівняння руху та енергії зарядженої частинки в електромагнітному полі. Рух зарядженої частинки в стаціонарних полях. Загальний випадок руху зарядженої частинки в однорідних стаціонарних електричному та магнітному полях.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки.	2-й тиж. семестру
2	Електровакуумні прилади, їх класифікація. Електронні лампи. Електронно-променеві прилади. Електронні мікроскопи та електронограми. Циклотронний резонанс. Прискорювачі заряджених частинок. Мас-спектрометри	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Визначення питомого заряду електрона методом магнетрона.	3-й тиж. семестру
3	Поняття про електронну оптику. Корпускулярно-хвильові аналогії. Електронно-оптичний показник заломлення. Електричні та магнітні поля з осьовою симетрією. Рух електронів в полях з осьовою симетрією.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Визначення питомого заряду електрона методом магнітного фокусування.	4-й тиж. семестру
4	Типи електричних лінз. Характеристики електронних лінз. Коротка електростатична лінза. Імерсійні та поодинокі лінзи. Імерсійний об'єктив. Магнітні лінзи. Довга магнітна лінза. Коротка магнітна лінза. Магніто-електричні лінзи. Поняття про аберації електронних лінз.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Вивчення короткої магнітної лінзи	5-й тиж. семестру
5	Електронні призми. Електричні та магнітні відхилювальні системи.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 10	Вивчення електростатичної відхилювальної системи	6-й тиж. семестру
6	Просторовий заряд в пучках заряджених частинок. Струм пучка, обмежений просторовим зарядом. Формули Чайлда-Ленгмюра та Ленгмюра-Богуславського. Електростатична і електродинамічна взаємодія електронів у пучку. Зміна форми пучків внаслідок відштовхування між електронами. Проблема створення пучків з великою густиною струму.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Вивчення магнітної відхилюючої системи	7-й тиж. семестру
7	Джерела електронів у ЕВП. Явище емісії електронів. Поверхневий потенціальний бар'єр. Поняття про роботу виходу. Види електронної емісії та їхня порівняльна характеристика.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Дослідження електрон-атомних зіткнень в інертних газах	8-й тиж. семестру
8	Термоелектронна емісія металів. Формула Річардсона-Дешмана. Вплив електричного поля на термоелектронну емісію металів. Ефект Шоткі. Методи визначення роботи виходу металів. Плікові термокатоде.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Вивчення переходу від несамостійного до самостійного розряду, дослідна перевірка закону Пашена	9-й тиж. семестру
9	Автоелектронна емісія. Автоелектронний мікроскоп-проектор. Механізми виникнення автоелектронної емісії. Енергетичний розподіл авто електронів. Особливості автоелектронної емісії напівпровідників. Автоіонна емісія. Сканувальний тунельний мікроскоп.	Лекція 3 год	1, 3, 4, 7, 8, 9	Вивчення вольтамперних характеристик вакуумного діода в ділянці обмеження струму просторовим зарядом	10-й тиж. семестру

10	Фотоелектронна емісія. Види фотоелекту. Елементарні закони зовнішнього фотоелекту. Основні характеристики зовнішнього фотоелекту. Вплив ефекту Шоткі на фотоелект. Селективний фотоелект. Особливості фотоелектронної емісії з металів. Енергетичний розподіл фотоелектронів.	Лекція 3 год	2, 4, 8	Проміжне звітне заняття	11-й тиж. семестру
11	Фотоелектронна емісія напівпровідників і діелектриків. Механізми поглинання світла. Термоелектронна та фотоелектронна робота виходу напівпровідників та діелектриків. Ефективні фотокаоди.	Лекція 3 год	2, 4, 8	Вивчення термоелектронної емісії металів. Ефект Шоткі.	12-й тиж. семестру
12	Вторинна електронна емісія (ВЕЕ). Основні параметри та характеристики ВЕЕ. Особливості методики дослідження ВЕЕ. Енергетичний спектр вторинних електронів.	Лекція 3 год	2, 4, 8	Визначення роботи виходу електрона з металу методом контактної різниці потенціалів.	13-й тиж. семестру
13	Використання вторинних електронів в науці та техніці. Вторинна емісія з напівпровідників та діелектриків. Ефективні вторинно-електронна емісія. Ефект Мальтера. Емісія гарячих електронів. Екзоелектронна емісія.	Лекція 3 год	2, 4, 8	Вивчення автоелектронної емісії	14-й тиж. семестру
14	Елементарні процеси в низькотемпературній плазмі газового розряду. Зіткнення між атомними частинками. Види зіткнень, ймовірність зіткнення. Поперечний переріз розсіювання. Передача енергії при парних зіткненнях.	Лекція 3 год	2, 4, 8	Визначення глибини та ймовірності виходу фотоелектронів з плівкового фотоелектронного емітера методом Спайсера	15-й тиж. семестру
15	Пружне розсіювання електронів атомами. Ефект Рамзауера. Непружні зіткнення. Іонізація атомів і молекул. Резонансне перезарядження атомів і іонів. Співудари другого роду. Іонізація електронним ударом. Самостійний і несамостійний газовий розряд. Теорія Таунсенда виникнення самостійного розряду. Види самостійного розряду.	Лекція 3 год	2, 4, 8	Дослідна перевірка закону Пашена	16-й тиж. семестру
16	Іонно-плазмова обробка поверхонь. Магнітогідродинамічні генератори. Плазма і проблеми керованого термоядерного синтезу. Прилади і пристрої плазмової електроніки. Іонні прилади обробки і відображення інформації. Висновки курсу.	Лекція 3 год	2, 4, 8	Заключне звітне заняття	До іспиту