

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА



Фізико-технічний факультет
Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Напівпровідникові матеріали

<u>Освітня програма</u>	«Інженерне матеріалознавство»
<u>Спеціальність</u>	132 Матеріалознавство
<u>Галузь знань</u>	13 Механічна інженерія

Затверджено на засіданні
кафедри матеріалознавства
і новітніх технологій
Протокол № 6 від «13» грудня 2023 р.

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Опис дисципліни
3. Структура курсу
4. Система оцінювання курсу
5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу
6. Ресурсне забезпечення
7. Контактна інформація
8. Політика навчальної дисципліни

1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Дизайн матеріалів
Освітня програма	Інженерне матеріалознавство
Спеціалізація (за наявності)	
Спеціальність	132 Матеріалознавство
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Освітній рівень	бакалавр
Статус дисципліни	вибіркова
Курс / семестр	3/3
Розподіл за видами занять та годинами навчання (якщо передбачені інші види, додати)	Лекції – 20 год. Практичні заняття – 10 год. Самостійна робота – 60 год.
Мова викладання	українська
Посилання на сайт дистанційного навчання	www.d-learn.pnu.edu.ua https://test-d-learn.pnu.edu.ua/

2. Опис дисципліни

Мета та цілі дисципліни

Мета дисципліни – формування у студентів системних знань та вмінь щодо фізичної природи властивостей напівпровідникових матеріалів, фізичних процесів, які в них протікають за різних зовнішніх впливів, сучасних методів їхнього опису. Передбачається, що курс дозволить сформувати у студентів уявлення про принципи роботи основних напівпровідникових приладів, способи їх виготовлення та застосування з точки зору фізичного матеріалознавства.

Основні цілі дисципліни: вивчення основних уявлень фізики напівпровідників; - ознайомлення студентів з фізичними основами роботи сучасних напівпровідникових пристроїв; розвиток здібностей та інтересу до дослідження напівпровідникових матеріалів і приладів на їх основі, до самостійного мислення та творчої діяльності.

Компетентності

КС.02. Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів

КС.05. Здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних матеріалознавчих проблем

КС.08. Здатність застосовувати знання і розуміння міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів у професійній діяльності

КС.09. Здатність застосовувати сучасні методи математичного та фізичного моделювання, дослідження структури, фізичних, механічних, функціональних та технологічних властивостей матеріалів для вирішення матеріалознавчих проблем

КС. 10. Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань.

Програмні результати навчання

ПР 13. Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.

ПР 14. Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.

ПР 15. Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.

ПР 17. Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.

3. Структура дисципліни

№	Тема	Результати навчання	Завдання
1.	<p>Роль напівпровідників у сучасній фізиці та техніці.</p> <p>Речовини, що належать до напівпровідників. Особливості їхньої кристалічної структури та характер хімічного зв'язку. Зонна структура напівпровідникових матеріалів. Основні особливості електричних властивостей напівпровідників. Вплив домішок. Основи практичного використання напівпровідників.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>
2	<p>Статистика носіїв заряду в напівпровідниках.</p> <p>Густина квантових станів. Функція розподілу Фермі-Дірака. Невироджені, вироджені та домішкові напівпровідники. Ступінь заповнення домішкових рівнів. Концентрація електронів і дірок. Положення рівня Фермі та концентрація носіїв заряду у власному і домішковому напівпровідниках. Закон діючих мас. Рівняння електронейтральності. Температурна залежність положення рівня Фермі та концентрації носіїв заряду в напівпровіднику, легованому одним типом домішки, у компенсованому напівпровіднику.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>

3	<p>Кінетичні явища в напівпровідниках.</p> <p>Електропровідність напівпровідників у слабких електричних полях. Рухливість електронів і дірок. Електропровідність власного та домішкового напівпровідників. Температурна залежність рухливості та електропровідності при різних механізмах розсіювання носіїв заряду. Рівняння неперервності. Дифузійний і дрейфовий струми в напівпровіднику. Співвідношення Ейнштейна. Нерівноважні носії заряду. Генерація та рекомбінація носіїв. заряду. Електропровідність напівпровідників у сильних електричних полях.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>
4	<p>Контактні явища в напівпровідниках.</p> <p>Електричні переходи. Електронно-дірковий перехід. Розподіл домішок, об'ємного заряду, вільних носіїв, напруженості поля та потенціалу на p-n - переході. Енергетичні діаграми p-n - переходу в рівноважному стані та під впливом зовнішнього поля. Випрямлення на p-n-переході. Вольт-амперна характеристика p-n-переходу. Пробій p-n-переходу. Диференціальні опір і ємність p-n-переходу.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>
5	<p>Контакт "метал-напівпровідник".</p> <p>Перехід Шоттки. Напівпровідник у зовнішньому електричному полі. Робота виходу. Контактна різниця потенціалів. Випрямлення на контакті метал-напівпровідник. Контакт між напівпровідниками одного типу провідності. Гетеропереходи. Властивості омичних переходів.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>

6	<p>Поверхневі явища в напівпровідниках.</p> <p>Рівняння Пуассона. Поверхневий потенціал. Поверхнева провідність. Ефект поля. МДП-структура. Ємність МДП-структури.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>
7	<p>Термоелектричні та термомагнітні явища, ефект Холла, гальваноманітні явища.</p> <p>Ефект Холла, ефект Холла в напівпровідниках із двома типами носіїв заряду. Магніторезистивний ефект. Ефект Пельтьє, ефект Томсона та ефект Зеєбека.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>
8	<p>Оптичні та фотоелектричні явища в напівпровідниках.</p> <p>Фотопровідність. Фотовольтаїчні ефекти. Спонтанне та вимушене випромінювання. Лазери. Спектр відбиття і спектр поглинання оптичного випромінювання. Власне поглинання світла, прямі й непрямі переходи. Вплив зовнішніх впливів на власне поглинання напівпровідників. Екситонне поглинання, поглинання вільними носіями заряду, домішкове і решіткове поглинання. Фоторезистивний ефект, квантовий вихід, коефіцієнт посилення. Залежність фотоструму від інтенсивності світла, кінетика фотоструму.</p>	<p>Розуміти будову металевих, неметалевих, композиційних та функціональних матеріалів та обирати оптимальні методи модифікації їх властивостей. Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення.</p> <p>Використовувати у професійній діяльності експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних, електрофізичних, магнітних, оптичних і технологічних властивостей матеріалів.</p> <p>Знати та застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.</p> <p>Здійснювати технологічне забезпечення виготовлення матеріалів та виробів з них.</p>	<p>Завдання для індивідуальної роботи</p> <p>Завдання для самостійної роботи</p> <p>Контрольні запитання</p>

4. Система оцінювання курсу

Накопичування балів під час вивчення дисципліни	
Види навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Лекція	20
Практичні заняття	60
Лабораторні заняття	0
Самостійна робота	5
Індивідуальне завдання	5
Залік	10
Максимальна кількість балів	100

5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу

Види навчальної роботи	Навчальні тижні (1 семестр)																	Разом
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17			
Лекції	4		4		4		4		4									20
Практичні з-тя		5		5		5		5		10		10		10	10			60
Самостійна р-та															5			5
Індивідуальні завдання										5								5
Всього за тиждень	4	5	4	5	4	5	4	5	4	10	5	10		10	10			90
Залік																	10	10
Всього	4	5	4	5	4	5	4	5	4	10	5	10		10	10	10		100

Примітка: не рекомендується на один тиждень планувати кілька форм контролю.

Критерії оцінювання за 100-бальною шкалою:

- **90-100 балів** – Студент вільно володіє навчальним матеріалом; висловлює свої думки; творчо виконує індивідуальні та колективні завдання; самостійно знаходить додаткову інформацію та використовує її для реалізації поставлених перед ним завдань; вільно використовує нові інформаційні технології для поповнення власних знань; комунікативні уміння та навички сформовані на високому рівні; може аргументовано обрати раціональний спосіб виконання завдання і оцінити результати власної практичної діяльності; виконує завдання, не передбачені навчальною програмою; вільно використовує знання для розв'язання поставлених перед ним завдань.
- **70-89 балів** – Студент вільно володіє навчальним матеріалом, застосовує знання на практиці; узагальнює і систематизує навчальну інформацію, але допускає незначні граматичні помилки у порівняннях, формулюванні висновків, застосуванні теоретичних знань на практиці; за зразком самостійно виконує практичні завдання, передбачені програмою; має стійкі навички виконання завдань.
- **50-69 балів** – Студент володіє навчальним матеріалом поверхово, фрагментарно; на рівні запам'ятовування відтворює певну частину навчального матеріалу з елементами логічних зв'язків; знайомий з основними поняттями навчального матеріалу; комунікативні уміння та навички сформовані частково; під час відповіді допускаються суттєві граматичні помилки; має елементарні нестійкі навички виконання завдань; планує та виконує частину завдань за допомогою викладача.
- **Менше 50 балів** – У студента не сформовані комунікативні уміння та навички; студент




допускає велику кількість граматичних помилок, що ускладнює розуміння; студент не володіє навчальним матеріалом; виконує лише елементарні завдання, потребує постійної допомоги викладача.

6. Ресурсне забезпечення

Матеріально-технічне забезпечення	Мультимедіа (відеофайли, електронні ресурси унаочнень)
Література:	
<p>Базова</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фізичне матеріалознавство: навч. посіб./ Ю. М. Поплавко, В. І. Ільченко, С. О. Воронов 2. Ю. І. Якименко. – К.: НТУУ „КПІ”, 2011. – Ч. 4. Напівпровідники. – 336 с. 3. Фізика напівпровідників : навчальний посібник / В.І. Ільченко, Ю.М. Поплавко. - Київ : Аверс, 2010. - 318 с. 4. Основи фізики напівпровідників : підручник для студ. вищих навч. закладів : [у 2-х т.] / О. В. Третяк, В. З. Лозовський ; Київський нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. - Київ : ВПЦ "Київський університет", 2007. 5. Неоднорідності напівпровідників і актуальні задачі міждефектної взаємодії в радіаційній фізиці і нанотехнології : монографія / П.І. Баранський, А.В. Федосов, Г.П. Гайдар. - Київ ; Луцьк : Редакційно-видавничий відділ Луцького державного технічного університету, 2006. - 314 с. 6. Електронне перенесення в напівпровідниках та напівпровідникових структурах : навч. пос. для студ. вищ. навч. закл. / В. П. Савчин, Р. Я. Шувар ; Луцький нац. ун-т ім. Франка. - Львів, 2008. - 688 с. 7. Органічні світловипромінювальні структури : монографія / Баришніков Г.В., Гельжинський І.І., Готра З.Ю., Іванюк Х.Б. [та 2 інших] ; за редакцією З.Ю. Готри ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". 8. Керамічні, склоподібні та квантоворозмірні напівпровідникові структури на основі оксидів і халькогенідів металів : монографія / О.В. Коваленко [та ін.] ; Міністерство освіти і науки України, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара. - Дніпропетровськ : Видавництво ДНУ, 2013. - 343, 9. Дизайн оксидних і сульфідних напівпровідникових систем та фотокаталітичні і термічні процеси за їх участю : монографія / І.М. Кобаса, І.В. Кондратьєва ; Міністерство освіти і науки України, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. - Чернівці : Чернівецький національний університет, 2016. - 279 с 10. Методичні вказівки до лабораторних робіт «Дослідження електронних параметрів і рекомбінаційних процесів в діодних напівпровідникових структурах за їх вольт-амперними, вольт-фарадними і амплітудно-часовими характеристиками» з розділів модуля «Сучасні методи дослідження мікро- та нанорозмірних напівпровідникових структур» дисципліни «Фізичні властивості та сучасні методи дослідження мікро- та нанорозмірних напівпровідникових структур» / Уклад.: В.Р. Копач, Г.С. Хрипунов, Р.В. Зайцев, М.В. Кіріченко. – Харків: НТУ «ХП», 2013. – 59 с. 	

7. Контактна інформація

Кафедра	https://kmint.pnu.edu.ua/
---------	---

Викладач	Коцюбинський Володимир Олегович доктор фізико-математичних наук, професор Бойчук Володимира Михайлівна доктор фізико-математичних наук, професор
Контактна інформація викладача	 volodymyr.kotsuybynsky@pnu.edu.ua  volodymyra.boichuk@pnu.edu.ua  Персональна сторінка викладача на сайті кафедри
Політика курсу	
Академічна доброчесність	<p>Дотримання академічної доброчесності засновується на ряді положень та принципів академічної доброчесності, що регламентують діяльність здобувачів вищої освіти та викладачів університету:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Кодекс честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, Наказ №530 від 27.09.2022 р. “Про введення в дію нової редакції Кодексу честі Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника” ➤ Положення про запобігання академічному плагіату та іншим порушенням академічної доброчесності у навчальній та науково дослідній роботі студентів Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника . ➤ Положення про Комісію з питань етики та академічної доброчесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника ➤ Положення про запобігання академічному плагіату у Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника . ➤ Склад комісії з питань етики та академічної доброчесності Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника . ➤ Лист МОН України “До питання уникнення проблем і помилок у практиках забезпечення академічної доброчесності”. <p>Ознайомитися з даними положеннями та документами можна за посиланням: https://pnu.edu.ua/polozhennia-pro-zapobihannia-plahiatu/</p>
Пропуски занять (відпрацювання)	<p>Можливість і порядок відпрацювання пропущених студентом занять регламентується Порядок організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf)</p> <p>Ознайомитися з положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>

<p>Виконання завдання пізніше встановленого терміну</p>	<p>У разі виконання завдання студентом пізніше встановленого терміну, без попереднього узгодження ситуації з викладачем, оцінка за завдання - «незадовільно», відповідно до Порядку організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf) Ознайомитися з положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
<p>Невідповідна поведінка під час заняття</p>	<p>Невідповідна поведінка під час заняття регламентується рядом положень про академічну доброчесність (див. вище) та може призвести до відрахування здобувача вищої освіти (студента) «за порушення навчальної дисципліни і правил внутрішнього розпорядку вищого закладу освіти», відповідно до п.14 «Відрахування студентів» «Положення про порядок переведення, відрахування та поновлення студентів вищих закладів освіти» - ознайомитися із положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
<p>Додаткові бали</p>	<p>Отримання додаткових балів за дисципліною можливе в разі виконання індивідуальних завдань, попередньо узгоджених з викладачем. Перелік індивідуальних завдань міститься у навчальній програмі до курсу. Також за рішенням кафедри студентам, які брали участь у науково-дослідній роботі (роботі конференцій, студентських наукових гуртків та проблемних груп, підготовці публікацій), а також були учасниками олімпіад, конкурсів, можуть присуджуватися додаткові бали відповідності Порядку організації та проведення оцінювання успішності здобувачів вищої освіти Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (наказом ректора Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника від 19 травня 2023 р. № 309) (https://nmv.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/118/2023/05/otzinnuvannja-uspishnosti.pdf) Ознайомитися з положенням можна за посиланням: https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>
<p>Неформальна освіта</p>	<p>Можливість зарахування результатів неформальної освіти регламентується Положення про визнання результатів навчання, здобутих шляхом неформальної освіти в Прикарпатському національному університеті імені Василя Стефаника (Редакція 3) (введено в дію наказом ректора № 672 від 24.11.2022 р.) https://nmv.pnu.edu.ua/нормативні-документи/polozhenja/</p>