

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

Факультет/інститут фізико-технічний

Кафедра фізики і хімії твердого тіла

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Вступ до фізики твердого тіла**

Освітня програма Матеріали та системи відновлювальної енергетики

Спеціальність 105 «Прикладна фізика та наноматеріали»

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 2 від “30” вересня 2021 р

## **ЗМІСТ**

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Компетентності
5. Програмні результати навчання
6. Організація навчання курсу
7. Система оцінювання курсу
8. Політика курсу
9. Рекомендована література

| 1. Загальна інформація                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Назва дисципліни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Вступ до фізики твердого тіла                                                                                   |
| Викладач (-і)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізики і хімії твердого тіла Салій Ярослав Петрович |
| Контактний телефон викладача                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 59 60 82                                                                                                        |
| Е-mail викладача                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <a href="mailto:Yaroslav.Saliy@pnu.edu.ua">Yaroslav.Saliy@pnu.edu.ua</a>                                        |
| Формат дисципліни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | денна                                                                                                           |
| Обсяг дисципліни                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 6 кредитів                                                                                                      |
| Посилання на сайт дистанційного навчання                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <a href="http://www.d-learn.pu.if.ua/">http://www.d-learn.pu.if.ua/</a>                                         |
| Консультації                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Згідно розкладу                                                                                                 |
| 2. Анотація до курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                 |
| <p>«Вступ у ФТТ» є першим ступенем для розуміння основ подальшого і поглибленого вивчення ФТТ як науки про будову, властивості твердих тіл і явища які в них відбуваються. Програма курсу зорієнтована на те, щоб студент зрозумів основні положення та принципи ФТТ без застосування математичного апарату нерелятивістської квантової механіки.</p> <p>Курс передбачає одержання і застосування студентом знань основних принципів і законів фізики твердого тіла. Курс служить основою і є продовженням вивчення багатьох інших розділів фізики.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                 |
| 3. Мета та цілі курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                 |
| <p>Виходячи із вищеподаного змісту ФТТ як науки, програма даного курсу передбачає вивчення основ ФТТ згідно принципу - від найпростішого до помірно складного, що дає можливість студентам зрозуміти що: основна задача ФТТ полягає у встановленні зв'язків між індивідуальними властивостями структурних елементів і властивостями твердих тіл; оборотні властивості твердих тіл взаємопов'язані; в основі фундаментальних досліджень ФТТ лежать моделі, які можна вдосконалювати тільки на основі експериментальних досліджень; вдосконалення простих моделей без знання квантової механіки та статистичної фізики неможливе.</p> <p>Щоб мета курсу була досягнута, програма курсу «Вступ у ФТТ» ставить перед студентами відповідні <b>завдання</b>: оволодіти принципами макро- і мікроскопічного підходу побудови найпростіших моделей твердого тіла; зрозуміти зв'язок основних властивостей твердих тіл із природою і рухом їх структурних часток; оволодіти основними методами експериментального дослідження твердих тіл, що розвинуті на кафедрі; навчитися проводити кількісні та якісні оцінки основних величин, які характеризують поведінку твердого тіла при різних зовнішніх впливах.</p> <p>Студент повинен</p> <p><b>знати:</b> Основні типи кристалічних ґраток, прості кристалічні структури, закон Вульфа - Брега, модель теплоємності Ейнштейна, теорію теплоємності ґратки за Дебаєм, закон Дюлонга – Пті, закон <math>T^3</math> Дебая, температурну залежність коефіцієнта теплопровідності, функцію розподілу Фермі – Дірака, залежність густини електронних станів від енергії, закони діелектричної реакції електронного газу, ефект Холла, рівняння Шредінгера, наближений розв'язок хвильового рівняння поблизу границі зони Бріллюена, походження забороненої енергетичної зони.</p> <p><b>вміти:</b> Визначати геометричні характеристики структур, виводити вираз для густини станів в загальному випадку, для коефіцієнта теплопровідності, виводити закон Ома.</p> |                                                                                                                 |

#### **4. Компетентності**

##### **Інтегральна компетентність**

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі прикладної фізики і наноматеріалів, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерії і характеризується певною невизначеністю умов, проведення експериментальних і теоретичних досліджень, здійснення інновацій

##### **Загальні компетентності**

ЗК01. Здатність використовувати фундаментальні поняття і закони фізики у сфері професійної діяльності;

ЗК02. Знання методології і методів фізичних та астрофізичних досліджень;

ЗК03. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу на основі логічних аргументів та перевірених фактів;

ЗК04. Набуття гнучкого способу мислення, який дає можливість зрозуміти й розв'язати проблеми та задачі, зберігаючи при цьому критичне ставлення до наявних наукових концепцій;

ЗК05. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації, вміння застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової техніки і апаратури;

ЗК06. Здатність використовувати професійно профільовані знання в галузі прикладної фізики, для дослідження нових матеріалів;

ЗК07. Володіння технікою базових вимірювань та методиками обробки експериментальних даних.

ЗК8. Здатність до пошуку, опрацювання та узагальнення професійної та науково-технічної інформації, робити усні та письмові звіти, обговорювати наукові теми українською та іноземними мовами, популяризувати сучасні фізичні концепції серед нефахівців;

ЗК9. Здатність до проектування і конструювання технічного, медичного обладнання;

ЗК10. Здатність працювати в колективі, толерантно сприймаючи соціальні, етнічні, конфесійні та культурні відмінності.

##### **Спеціальні (фахові) компетентності**

ФК1. Знання місця прикладної фізики та нанотехніки в сучасному світі, знання і розуміння професійної компетенції для вибраної галузі знань.

ФК2. Навички розробки фізико-математичних моделей фізико-хімічних об'єктів і процесів нанотехніки, моделювання наноструктур і технологій їх виробництва.

ФК4. Здатність працювати із науковим обладнанням та вимірювальними приладами, обробляти та аналізувати результати досліджень.

ФК5. Здатність застосовувати здобуті фундаментальні знання при розробці нових наукових методик в новітніх промислових технологіях, зразках нової медичної техніки і апаратури.

ФК6. Уміння конструювання, проектування, виготовлення, тестування, діагностики і сертифікації елементної бази наноприладів електронного та медико-біологічного призначення.

ФК7. Здатність виконувати вимірювання, планування і організацію експерименту з дослідження фізичних властивостей, інноваційної ємності і можливостей практичного застосування наноматеріалів.

ФК8. Уміння розробляти технічну проектну і проектно-конструкторську документацію, виконувати оцінку технічної і економічної ефективності виробничої, в тому числі науково-дослідної, діяльності.

ФК9. Здатність до налаштування і обслуговування апаратно-програмних засобів, перевірки технічного стану і виробничого ресурсу обладнання, його профілактичного огляду.

ФК10. вміти використовувати знання іноземної мови для вивчення наукової фізичної

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------|
| літератури та у професійному спілкуванні з іноземними колегами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| 5. Програмні результати навчання                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР01. Знати, розуміти та вміти застосовувати 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 |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР03. Показувати знання в галузі професійної діяльності, технологій та методів дослідження властивостей речовин і матеріалів                                                                                                                                                                                                                                        |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР04. Знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій.                                                                                                                                                                                                                                                      |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР06. Мати базові навички самостійного навчання: вміти відшуковувати потрібну інформацію в друкованих та електронних джерелах, аналізувати, систематизувати, розуміти, тлумачити та використовувати її для вирішення наукових і прикладних завдань.                                                                                                                 |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР07. Використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі прикладної фізики та нанотехнологій для аналізу станів та властивостей фізичних систем.                                                                                                                                                                                                                  |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР09. Застосовувати сучасні методи для розв'язування задач та набутти навичок самостійного використання прикладних пакетів програм для аналізу результатів досліджень                                                                                                                                                                                               |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР10. Вміння розуміти фізичні основи створення нових приладів, медичної апаратури, обладнання, матеріалів, речовини, технологій                                                                                                                                                                                                                                     |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| ПР13. Стежити за сучасними тенденціями науки, розуміти їхню сутність та враховувати у своїй професійній діяльності.                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| 6. Організація навчання курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| Обсяг курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| Вид заняття                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                             |                          | Загальна кількість годин   |                       |                    |                         |
| лекції                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                             |                          | 24                         |                       |                    |                         |
| семінарські заняття / практичні /                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                             |                          | 16                         |                       |                    |                         |
| лабораторні заняття                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                             |                          | 20                         |                       |                    |                         |
| самостійна робота                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                             |                          | 120                        |                       |                    |                         |
| Ознаки курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| Семестр                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Спеціальність                               | Курс<br>(рік навчання)   | Нормативний/<br>вибірковий |                       |                    |                         |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 105 Прикладна<br>фізика та<br>наноматеріали | 3                        | Нормативна<br>дисципліна   |                       |                    |                         |
| Тематика курсу                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                             |                          |                            |                       |                    |                         |
| Тема, план                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                             | Форма<br>заняття         | Літе<br>рату<br>ра         | Завд<br>ання<br>, год | Вага<br>оцінк<br>и | Термін<br>викона<br>ння |
| Кристалічна решітка індекси Міллера.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                             | 1<br>лекція              | 1 - 5                      | 2                     |                    | За<br>розк.             |
| Визначення розмірів і типу елементарної комірки кристалічної ґратки на полікристалічному зразку                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                             | 1<br>лабор.              |                            | 4                     | 5                  | За<br>розк.             |
| Теплоємність кристалів. Теорія Ейнштейна.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                             | 1, 2 пр.                 | 1 - 5                      | 2                     | 2                  | За<br>розк.             |
| Коливання систем з великим числом ступенів вільності.                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                             | 2 лек./<br>3, 4<br>практ | 1 - 5                      | 2/2                   | 2                  | За<br>розк.             |
| Теорія Дебая.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                             | 5,6                      | 1 - 5                      | 2                     | 2                  | За                      |

|                                                                                      |                                                                                                                                                     |       |   |   |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|---|----------|
|                                                                                      | прак.                                                                                                                                               |       |   |   | розк.    |
| Фонони.                                                                              | 7,8прак                                                                                                                                             | 1 - 5 | 2 | 2 | За розк. |
| Визначення залежності теплоємності твердих тіл від температури                       | 2 лабор.                                                                                                                                            |       | 4 | 5 | За розк. |
| Ефект Месбауера.                                                                     | 3 лекція                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 |   | За розк. |
| Квантова теорія вільних електронів в металі.                                         | 4 лекція                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 |   | За розк. |
| Визначення залежності коефіцієнта теплопровідності твердих тіл від температури       | 3 лабор.                                                                                                                                            |       | 4 | 4 | За розк. |
| Контрольна робота                                                                    |                                                                                                                                                     |       |   | 5 | За розк. |
| Розподіл Фермі -Дірака.                                                              | 9,10пра                                                                                                                                             | 1 - 5 | 2 | 2 | За розк. |
| Визначення та дослідження температурного ходу концентрації носіїв в напівпровідниках | 4 лабор.                                                                                                                                            |       | 4 | 5 | За розк. |
| Енергетичні зони в кристалах.                                                        | 11 прак.                                                                                                                                            | 1 - 5 | 1 |   | За розк. |
| Динаміка електронів в кристалічній ґратці                                            | 5 лекція                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 | 1 | За розк. |
| Електропровідність металів.                                                          | 6 лекція                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 | 1 | За розк. |
| Визначення та дослідження температурного ходу рухливості носіїв в напівпровідниках   | 5 лабор.                                                                                                                                            |       | 4 | 4 | За розк. |
| Надпровідність.                                                                      | 7 лекція                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 | 1 | За розк. |
| Напівпровідники.                                                                     | 12,13п<br>р                                                                                                                                         | 1 - 5 | 2 | 2 | За розк. |
| Власна провідність напівпровідників.                                                 | 8 лекція                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 |   | За розк. |
| Провідність напівпровідників пов'язана з домішками.                                  | 14,15 практ.                                                                                                                                        | 1 - 5 | 2 | 2 | За розк. |
| Контрольна робота                                                                    |                                                                                                                                                     |       |   | 5 | За розк. |
| Робота виходу.                                                                       | 9 лекц.                                                                                                                                             | 1 - 5 | 2 | 1 | За розк. |
| Термоелектронна емісія. Електронні лампи.                                            | 16 прак.                                                                                                                                            | 1 - 5 | 1 | 2 | За розк. |
| Контактна різниця потенціалів                                                        | 10 лекц.                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 | 1 | За розк. |
| Термоелектричні явища.                                                               | 11 лекц.                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 | 1 | За розк. |
| Напівпровідникові діоди і тріоди. Вентильний ефект                                   | 12 лекц.                                                                                                                                            | 1 - 5 | 2 | 1 | За розк. |
| <b>6. Система оцінювання курсу</b>                                                   |                                                                                                                                                     |       |   |   |          |
| Загальна система оцінювання курсу                                                    | Контрольна робота 10 б., робота на практичних заняттях 17 б., лабораторні роботи 23 б.                                                              |       |   |   |          |
| Вимоги до письмової роботи                                                           | Мають бути представлені рисунки, вихідні дані: символічне і числове значення, у вигляді формул означення, закони і принципи, перетворення наведених |       |   |   |          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | формул. Обчислення результату із заданою точністю. |
| Семінарські заняття                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                    |
| Умови допуску до підсумкового контролю                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Набрати 50 б. поточного контролю.                  |
| <b>7. Політика курсу</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                    |
| <p>Загальні властивості твердих тіл; емпірична класифікація типів твердих тіл; найпростіші моделі твердого тіла, інтерпретація поняття теплоти та теплоємності в рамках цих моделей; рух атомів у кристалічних твердих тілах; теплові властивості твердих тіл; теплопровідність твердих тіл; вступ до квантово-механічного підходу розгляду моделей твердих тіл; елементарний розгляд електронних станів у атомі на елементарному рівні; загальні відомості про електронні стани у твердих тілах; загальна характеристика магнітних властивостей твердих тіл.</p> <p>Студент повинен бути толерантним і поважати думку інших. Заперечення слід формулювати в коректній формі. Неприпустимими є підказування та списування під час здачі будь-яких робіт (проміжного контролю, модулів, екзамену тощо)</p> |                                                    |
| <b>8. Рекомендована література</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                    |
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Китель У. Введение в физику твердого тела. – М.: Мир, 1966, 1973, 1978.</li> <li>2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.3 – М., Наука, 1979.</li> <li>3. Сивухин Д.В. Атомная физика. Т. 1 М.: Мир, 1990.</li> <li>4. Иродов И.Е. Задачи по общей физике. М., Мир, 1982</li> <li>5. Фейман Р. Феймановские лекции по физике . М., Мир, 1987</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                    |

Викладач \_\_\_\_\_ Салій Я.П.