

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



Фізико-технічний факультет

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання фізичних процесів

<u>Освітня програма</u>	Фізика та астрономія
<u>Спеціальність</u>	104 Фізика та астрономія
<u>Галузь знань</u>	10 Природничі науки

Затверджено на засіданні
кафедри матеріалознавства і новітніх
технологій

Протокол № 1 від «28» серпня 2024 р.

м. Івано-Франківськ – 2024

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	Моделювання фізичних процесів
Освітня програма	Фізика та астрономія
Спеціалізація (за наявності)	
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Галузь знань	10 Природничі науки
Освітній рівень	магістр
Статус дисципліни	вибіркова
Курс / семестр	2/1
Розподіл за видами занять та годинами навчання (якщо передбачені інші види, додати)	Лекції – 14 год. Семінарські заняття – 0 год. Лабораторні роботи – 16 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
<p>Мета предмету "Моделювання фізичних процесів":</p> <p>Формування у студентів глибокого розуміння методів математичного та комп'ютерного моделювання фізичних процесів і систем, а також розвиток навичок застосування цих методів для вирішення науково-дослідних і прикладних завдань в різних галузях науки та техніки.</p> <p>Завдання предмету:</p> <p>Ознайомлення з основами математичного моделювання. Студенти мають опанувати базові методи опису фізичних процесів через математичні рівняння, такі як рівняння руху, рівняння переносу енергії та матерії тощо.</p> <p>Вивчення методів чисельного моделювання. Засвоєння чисельних методів розв'язування математичних моделей фізичних процесів, таких як методи кінцевих елементів, скінченних різниць та інших підходів до дискретизації рівнянь.</p> <p>Аналіз фізичних моделей і їх верифікація. Студенти повинні навчитися перевіряти адекватність фізичних моделей та порівнювати результати моделювання з експериментальними даними для підтвердження правильності застосованих моделей.</p> <p>Розвиток навичок роботи з програмними засобами. Студенти повинні навчитися</p>

використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для моделювання фізичних процесів (наприклад, AMSSuite, CASTEP, FreeCAD, Thermo-Calста ін.) та створювати власні програмні рішення для специфічних завдань.

Застосування моделювання для вирішення прикладних задач. Студенти отримують навички моделювання складних фізичних процесів, таких як формування кристалічної структури, напружено-деформований стан, теплопередача, поверхневі явища, дифузія фазова рівновага тощо, з метою застосування в інженерній практиці.

Розвиток системного мислення. Студенти навчаються комплексно підходити до моделювання фізичних систем, враховуючи взаємодію різних фізичних явищ та їх вплив на поведінку системи.

Підготовка до науково-дослідної діяльності. Формування навичок проведення наукових досліджень з використанням методів моделювання фізичних процесів для розробки нових технологій та інженерних рішень.

Компетентності

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми дослідницького та/або інноваційного характеру у фізиці та астрономії.

ЗК01. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК03. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК04. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК05. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

СК01. Здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

СК05. Здатність сприймати новоздобуті знання в області фізики та астрономії та інтегрувати їх із уже наявними, а також самостійно опановувати знання і навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних областях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях.

СК08. Здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі в області фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси.

СКО3. Здатність презентувати результати проведених досліджень, а також сучасні концепції у фізиці та/або астрономії фахівцям і нефаківцям.

СК06. Здатність розробляти наукові та прикладні проекти, керувати ними і оцінювати їх на основі фактів.

Програмні результати навчання

РН06. Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.

РН09. Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.

РН10. Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання,

наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.

РН11. Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.

РН12. Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.

РН13. Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.

3. Структура дисципліни

№	Тема	Результати навчання	Завдання
1.	<p>Теоретичні основи першопринципного моделювання. Першопринципні коди CASTEP, VASP та QuantumEspresso: структура робочих файлів, переваги і недоліки, алгоритм проведення розрахунків. Види псевдопотенціалів. Основи Linux. Основи дистанційної роботи із високопродуктивними кластерами на прикладі HPCAracrita.</p> <p>Визначення рівноважних параметрів ґраток та генерація рентгенограм. Моделювання термодинамічних властивостей. Робота із базою даних MaterialsProject. Імпорт, експорт та створення структур. Методи моделювання твердих розчинів: віртуальне кристалічне наближення та генерація кластерних структур.</p>	<p>Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.</p> <p>Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами.</p> <p>Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.</p> <p>Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p>Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.</p> <p>Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тестові завдання • Завдання для індивідуальної роботи • Завдання для практичних занять • Завдання для лабораторних занять • Завдання для самостійної роботи • Контрольні запитання
2	<p>Моделі розрахунку модулів пружності, твердості, тріщиностійкості, коефіцієнту Пуассона, швидкості поширення звуку та температури Дебая для твердих тіл.</p> <p>Моделювання методами молекулярної динаміки. Поняття про машинне навчання на прикладі коду VASP.</p> <p>Візуалізація даних із використанням програмних засобів VASPKIT, XcrysDEN, VESTA, Burai.</p>	<p>Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.</p> <p>Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами.</p> <p>Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.</p> <p>Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p>Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тестові завдання • Завдання для індивідуальної роботи • Завдання для практичних занять • Завдання для лабораторних занять • Завдання для самостійної роботи • Контрольні запитання

		<p>процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.</p> <p>Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p>	
3	<p>Інтерфейс та основні модулі програми AmsterdamModellingSuite.</p> <p>Створення моделей кристалічних та аморфних твердих тіл.</p> <p>Моделювання дифузійних процесів. Визначення коефіцієнту дифузії.</p> <p>Моделювання реакційного термічного синтезу.</p> <p>Моделювання процесу нанесення покриттів.</p> <p>Моделювання поверхневих явищ на границі тверде тіло – рідина.</p>	<p>Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.</p> <p>Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.</p> <p>Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.</p> <p>Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p>Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.</p> <p>Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тестові завдання • Завдання для індивідуальної роботи • Завдання для практичних занять • Завдання для лабораторних занять • Завдання для самостійної роботи • Контрольні запитання
4	<p>Визначення теплопровідності та коефіцієнту термічного розширення на основі моделювання методами молекулярної динаміки.</p> <p>Визначення механічних властивостей методами молекулярної динаміки: крива розтягу, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона.</p>	<p>Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.</p> <p>Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.</p> <p>Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.</p> <p>Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тестові завдання • Завдання для індивідуальної роботи • Завдання для практичних занять • Завдання для лабораторних занять • Завдання для самостійної роботи • Контрольні запитання

		<p>складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p>Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.</p> <p>Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p>	
5	<p>Теоретичні основи методу CALPHAD. Інтерфейси програмних засобів Thermo-Calc та OpenCALPHAD. Налаштування розрахунків. Структура баз даних термодинамічних функцій. Визначення температурних та концентраційних залежностей термодинамічних функцій для чистих компонентів, сполук твердих розчинів. Моделювання діаграм фазової рівноваги. Термодинамічне моделювання дифузійних процесів.</p>	<p>Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.</p> <p>Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.</p> <p>Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.</p> <p>Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p>Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.</p> <p>Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тестові завдання • Завдання для індивідуальної роботи • Завдання для практичних занять • Завдання для лабораторних занять • Завдання для самостійної роботи • Контрольні запитання
6	<p>Програма FreeCAD: налаштування модуля скінчених елементів. Визначення напружень та деформацій у стаціонарному та нестаціонарному режимі. Моделювання стаціонарних та нестаціонарних теплових задач. Моделювання потоків рідин та газів.</p>	<p>Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.</p> <p>Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись із колегами.</p> <p>Відшукувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тестові завдання • Завдання для індивідуальної роботи • Завдання для практичних занять • Завдання для лабораторних занять • Завдання для самостійної роботи • Контрольні запитання

		<p>різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.</p> <p>Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p>Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.</p> <p>Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p>	
7	<p>Рівняння теплопровідності Фур'є. Точкове джерело енергії на поверхні робочого тіла.</p> <p>Розрахунок температурних полів для квазістаціонарного стану за умов дії рухомих джерел енергії.</p>	<p>Обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій в області фізики та/або астрономії.</p> <p>Аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємодіючи спілкуючись із колегами.</p> <p>Відшуковувати інформацію і дані, необхідні для розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отримані інформацію та дані.</p> <p>Застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач.</p> <p>Розробляти та застосовувати ефективні алгоритми та спеціалізоване програмне забезпечення для дослідження моделей фізичних та/або астрономічних об'єктів і процесів, обробки результатів експерименту і спостережень.</p> <p>Створювати фізичні, математичні і комп'ютерні моделі природних об'єктів та явищ, перевіряти їх адекватність, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, аналізувати обмеження.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Тестові завдання • Завдання для індивідуальної роботи • Завдання для практичних занять • Завдання для лабораторних занять • Завдання для самостійної роботи • Контрольні запитання

4. Система оцінювання курсу

Накопичування балів під час вивчення дисципліни	
Види навчальної роботи	Максимальна кількість балів
Лекція	20

Семінарські заняття	0
Лабораторні заняття	60
Самостійна робота	10
Індивідуальне завдання	10
Іспит	0
Максимальна кількість балів	100

5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу

Види навчальної роботи	Навчальні тижні (3 семестр)																	Разом
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	17			
Лекції	4		4		4		4		4									40
Лабораторні заняття				10		10		10		10		10		10				60
Самостійна робота															10			10
Індивідуальне завдання											10							10
Всього за тиждень	4		4	10	4	10	4	10	4	10	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, Програмні засоби: AmsterdammodellingSuite (навчальна ліцензія), CASTEP (академічна ліцензія), VASP 6.4.2 (ліцензія) BURAI, VESTA, XCRYSDEN, FreeCAD, ATAT (GPL ліцензії) (відеофайли, електронні ресурси унаочнень)
Література:	
<p>Базова</p> <ol style="list-style-type: none">1. Вишивана І. Г. Числові методи теорії конденсованих середовищ : Навчальний посібник / І. Г. Вишивана. – Київ : КНУ, 2024. — 31 с.2. Єрмолаєв О. М., Рашба Г. І. Вступ до статистичної фізики і термодинаміки: Навчальний посібник/ О. М. Єрмолаєв, Г. І. Рашба – Х.: ХНУ, 2004. – 516 с.3. Дубенець В. Г., Хільчевський В. В., Савченко О. В. Основи методу скінченних елементів: Навчальний посібник/ В. Г. Дубенець, В. В. Хільчевський, О. В. Савченко – Чернігів: ЧДТУ, 2007. – 288 с.4. Овчаренко В. А., Подлесний С. В., Зінченко С. М. Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник/ В. А. Овчаренко, С. В. Подлесний, С. М. Зінченко – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.5. Steinhäuser, M. O. (2017). Computational Multiscale Modeling of Fluids and Solids. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-53224-96. Du, Y., Schmid-Fetzer, R., Wang, J., Liu, S., Wang, J., & Jin, Z. (2023). Computational Design of Engineering Materials. https://doi.org/10.1017/97811086437647. Introduction to Computational Materials Science. (2020). Principles of Inorganic Materials Design, 589–617. Portico. https://doi.org/10.1002/9781119486879.ch148. Ohno, K., Esfarjani, K., & Kawazoe, Y. (2018). Computational Materials Science. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56542-19. Geshi, M. (Ed.). (2019). The Art of High Performance Computing for Computational Science, Vol. 2. Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-9802-510. Ohtani, H. (2006). The CALPHAD Method. Springer Handbook of Materials Measurement Methods, 1001–1030. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30300-8_2011. Saunders, N., & Miodownik, A. P. (Eds.). (1998). CALPHAD (calculation of phase diagrams): a comprehensive guide. Elsevier.12. Landau, D., & Binder, K. (2021). A guide to Monte Carlo simulations in statistical physics. Cambridge university press.13. Василик А. В. Теплові розрахунки при зварюванні / А. В. Василик, Я. А. Дрогомирецький, Я. А. Криль. – Івано-Франківськ : Факел, 2004. – 209 с <p>Інтернет ресурси</p> <ol style="list-style-type: none">1. AMS tutorials 2024.1 – https://www.scm.com/doc/Tutorials/index.html2. The VASP Manual – https://www.vasp.at/wiki/index.php/The_VASP_Manual3. CASTEP Docs – https://castep-docs.github.io/castep-docs/4. QUANTUM ESPRESSO – https://www.quantum-espresso.org/tutorials/5. Materials project – https://next-gen.materialsproject.org/	

6. FreeCADDocumentation–<https://www.freecad.org/>
7. BURAI–<https://burai.readthedocs.io/en/latest/>
8. OpenCALPHAD–<https://www.opencalphad.com/>
9. Thermo-CalcSoftware Academia –<https://thermocalc.com/academia/>
10. AlloyTheoreticAutomatedToolkit (ATAT) HomePage–
<https://www.brown.edu/Departments/Engineering/Labs/avdw/atat/>

Додаткова

1. Prysyzhnyuk, P., & Di Tommaso, D. (2023). The thermodynamic and mechanical properties of Earth-abundant metal ternary borides Mo₂ (Fe, Mn) B₂ solid solutions for impact-and wear-resistant alloys. *Materials Advances*, 4, 3822–3838.
2. Shihab, T., Prysyzhnyuk, P., Semyanyk, I., Anrusyshyn, R., Ivanov, O., & Troshchuk, L. (2020). Thermodynamic approach to the development and selection of hardfacing materials in energy Industry. *Management Systems in Production Engineering*, 28(2), 84–89. <https://doi.org/10.2478/mspe-2020-0013>
3. Prysyzhnyuk, P., Shlapak, L., Semyanyk, I., Kotsyubynsky, V., Troshchuk, L., Korniy, S., & Artym, V. (2020). Analysis of the effects of alloying with Si and Cr on the properties of manganese austenite based on AB INITIO modelling. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(12 (108)), 28–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217281>

7. Контактна інформація

Кафедра	https://kmint.pnu.edu.ua/
Викладач	Присяжнюк Павло Миколайович доктор технічних наук, професор
Контактна інформація викладача	 pavlo.prysiashniuk@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 Порядком 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>
Виконання завдання пізніше встановленого терміну	<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)</p>

	<p>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.</p> <p>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)</p> <p>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>

Викладач

Павло Присяжнюк