



Національна академія наук України
Інститут проблем матеріалознавства
ім. І.М. Францевича



Силабус (робоча програма) навчальної дисципліни
ФІЗИКА МІЦНОСТІ ТА СТРУКТУРНА ІНЖЕНЕРІЯ
КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

PHYSICS OF STRENGTH AND STRUCTURAL ENGINEERING OF
CONSTRUCTION MATERIALS

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>10 «Природничі науки»</i>
Спеціальність	<i>105 «Прикладна фізика та наноматеріали»</i>
Освітня програма	<i>105 «Прикладна фізика та наноматеріали»</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>денна (очна), он-лайн/офф-лайн</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс навчання, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS, 120 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>екзамен</i>
Розклад занять	<i>лекція – раз на тиждень (32 години); практика/семінар/консультації – 1 раз на два тижні (16 годин); самостійна робота 72 год., у тому числі на виконання індивідуальних/домашніх завдань 20 год, залік – 1 год</i>
Мова викладання	<i>українська</i>
Інформація про викладачів	<i>д.ф.- м.н., с.н.с., зав.від. Ю.М. Подрезов телефон: 050 356 06 79 електронна адреса: yupodrezov@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom; доступ за запрошенням викладача</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліни присвячена опануванню знань про структурно чутливі моделі фізики міцності, які використовуються при розробці інноваційних технологій створення конструкційних матеріалів з урахуванням особливостей їх експлуатації. Курс розроблено таким чином, щоб надати загальні уявлення про зв'язок службових

характеристик зі стандартними механічними властивостями та умови коректного використання теоретичних уявлень фізики міцності для оптимізації структури промислових виробів. Надати інформацію про умови експлуатації та критерії вибору матеріалів, що працюють у відповідальних елементах конструкцій в енергетичній, аграрній, авіаційній та медичній галузях. Це дозволить інтегрувати існуючі теоретичні моделі та методи випробувань для розв'язання наукових завдань, що ставляться перед матеріалознавцями фахівці різних галузей промисловості

Предмет освітньої компоненти - Теоретичні моделі та експериментальні методики, які становлять зв'язок між структурою та комплексом механічних характеристик матеріалів. Визначення місця методології фізики міцності в ланцюгу "технологія-склад-структура – властивості - ефективність практичного використання.

Метою освітньої компоненти є формування у здобувачів вищої освіти (з.в.о.) рівня PhD компетентностей:

Інтегральна компетентність:

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері прикладної фізики та наноматеріалів, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

Загальні компетентності:

ЗК01. Здатність до освоєння і системного аналізу через наукове сприйняття і критичне осмислення нових знань.

ЗК02. Здатність до критичного аналізу і креативного синтезу нових ідей.

ЗК04. Здатність до оприлюднення наукових результатів перед академічною аудиторією та громадськістю як на національному, так і на міжнародному рівні.

ЗК07. Здатність дотримуватися етичних норм та авторського права при проведенні наукових досліджень, діяти на основі принципів академічної доброчесності, а також ставитися із повагою до національних та культурних традицій, способів роботи і мислення інших.

Фахові компетентності:

ФК01. Здатність самостійно здійснювати наукову діяльність у галузі прикладної фізики з використанням новітніх наукових теорій, методів та інноваційних технологій.

ФК03. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі прикладної фізики та наноматеріалів з урахуванням міжгалузевих зв'язків для забезпечення потреб у високоєфективних матеріалах, енерго- та ресурсозберігаючих технологіях.

ФК09. Здатність до генерації нових ідей, самостійного планування та здійснення наукової діяльності, адаптації та впровадження інноваційних технологій з урахуванням експлуатаційних вимог.

Програмні результати навчання. Після засвоєння освітньої компоненти аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

РН01. Проявляти наукові погляди та підходи при оцінюванні варіантів створення нових перспективних матеріалів з заданим рівнем властивостей.

РН02. Володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі прикладної фізики та наноматеріалів бути здатним застосовувати їх до професійної діяльності на межі предметних галузей.

PH03. Інтегрувати існуючі методики та методи досліджень та адаптувати їх для розв'язання наукових завдань при проведенні дисертаційних досліджень.

PH07. Визначатись з факторами та критеріями, які необхідно враховувати при експертизі науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт та проєктів в галузі прикладної фізики та наноматеріалів враховуючи технологічний, економічний, соціальний ефект та вплив на стан довкілля.

PH09. Застосовувати у науковій та практичній діяльності провідні тенденції, ключові напрями та перспективи розробки нових матеріалів різної природи, основи сучасних технологій виготовлення конструкційних і функціональних матеріалів, «розумних» та біо-матеріалів, матеріалів спеціального (оборонного) призначення, з подовженим строком експлуатації та для відновлюваних джерел енергії.

PH12. Демонструвати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень з прикладної фізики та наноматеріалів.

PH18. Дотримуватись етичних норм, враховувати авторське право та норми академічної доброчесності при проведенні наукових досліджень, презентації їх результатів та у науково-педагогічній діяльності.

2. Місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою

Перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні аспіранту для успішного засвоєння освітньої компоненти:

Пререквізити:	
Основи матеріалознавства	Основи матеріалознавства як міждисциплінарної галузі науки, що вивчає залежність між складом, структурою та властивостями матеріалів у взаємозв'язку з технологією їх отримання, умовами експлуатації та вартістю
Основи наноматеріалів та нанотехнологій	Теоретичні основи будови, властивостей і методів отримання наноструктур і наноструктурних матеріалів, достатні для самостійного подальшого проведення досліджень в цієї галузі і наступного оволодіння нанотехнологіями, та вміння вибирати методи синтезу (отримання) наноструктур, консолідації тривимірних матеріалів, отримання тонких плівок, адаптувати знання при виконанні власних дисертаційних досліджень
Методи дослідження матеріалів	Теоретичні засади, що лежать в основі експериментальних методів досліджень сучасного матеріалознавства. . Відомості про механічні випробування. Діаграми навантаження. Стандартні механічні характеристики.
Постреквізити:	
Наукова складова	Планування і виконання експериментальних досліджень з використанням сучасних методів та методик дослідження, критичний аналіз результатів досліджень.

3. Зміст освітньої компоненти

Тема 1 Дизайн наукових досліджень

Програма Materials Genome Initiative (MGI) -2011. карти «Обробка-структура-властивості-продуктивність» (PSPP). Ланцюг Олсона та його елементи Інженерія конструкційних матеріалів. Діаграми властивостей матеріалів М. ЕшбіСтруктурно

чутливі моделі фізики міцності. Зв'язок між стандартними механічними властивостями та службовими характеристиками виробів

Тема 2. Механізми пластичної деформації та зміцнення

Опір пластичній деформації. Границя плинності. Вплив структурних факторів на зміцнення. Закономірності зміцнення полікристалічних, диспечно-зміцнених та поруватих матеріалів. Температурна залежність зміцнення. Динамічне деформаційне старіння. Процеси повзучості. Жароміцність. Температурна залежність зміцнення. Динамічне деформаційне старіння. Процеси повзучості. Жароміцність

Тема 3. Механізми руйнування . граничні механічні властивості матеріалів

Класифікація руйнування за механізмами. Енергетичний та силовий критерії руйнування. Тріщинотійкість. Зародження руйнування. Дислокаційні моделі мікросколу. Кристалографія сколу. Енергія розповсюдження тріщини. Пластична зона. Ямкове руйнування. Модель Гурланда. Енергія ямкового руйнування за моделлю Хана-Розенфілда. Зернограничне руйнування. Сегрегація домішок. Розповсюдження тріщини в полікристалі.

Тема 4 Роль наукового дизайну в іноваційних матеріалознавчих розробках.

Матеріали медичного призначення. Структура кісток та поведінка структурних елементів при навантаженні. Гідроксиапатит та його властивості. Імпланти на базі сплавів титану та магнію. Матеріали для двигунів. Умови роботи двигунів та вимоги до матеріалів. Жароміцні сплави на основі залізаю титану та нікелю Матеріали для енергетики. Фактори, що визначають тривалість роботи елементів конструкцій ТЕС. Критерії вибору оптимальних матеріалів. Матеріали для землі оброблювальної техніки. Підвищення зносостійкості виробів завдяки деформаційно індукваному мартенситному перетворенню в бейнітному чавуні. .

Тема 5. Дизайн іноваційних порошкових технологій.

Особливості структури порошкових матеріалів. Вплив пористості на механічні властивості. Механічна поведінка високопористих матеріалів. Формування міжчасткових контактів. Вплив температури та тиску на формування контактів. Переваги порошкових технологій диспергування структури та введення нанорозмірних частинок. Сучасні АМ технології: від ідеї конструювання до виробу. SPS – технологія. Переваги, недоліки та шляхи удосконалення. Сучасні DPF та DPR технології – альтернатива традиційним АМ. Приклади іноваційних розробок ІПМ.

Тема 6 Матеріали нового покоління з аномаліями кристалічної будови.

Аморфні матеріали, та квазікристали. Високоентропійні сплави.. Структура, фізичні властивості та механічна поведінка.

Тема. 7 Комп'ютерні моделі механічної поведінки.

Мезомеханічні моделі деформації компактних та пористих матеріалів. Моделювання процесів деформації та руйнування методами молекулярної та дислокаційної динаміки. Моделі, засновані на ab-initio розрахунках. Молекулярна та дислокаційна динаміка

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці інституту, а також може бути надана в електронному вигляді. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні.

Базова література:

1. McLean D *Mechanical Properties of Metals. Hardcover, 1962*
2. Hirst J., Lothe J *Theory of Dislocation, New York, 1970*
3. R. W. K. Honeycombe *Plastic Deformation of Metals Paperback – January 1, 1984*
4. В. В. Холявко, І. А. Владимирський. – *Механічні властивості та конструкційна міцність матеріалів. Лабораторний практикум. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 116 с.*
5. Appel F. *Gamma Titanium Aluminide Alloys / F. Appel, J. D. H. Paul, M. Oehring WileyVCH, Weinheim, Germany (2011).- 732 p.*
6. H. J. Frost, M.F. Ashby. *Deformation mechanisms maps. Oxford . Franklin Book Company, Incorporated, 1982*
7. Messerschmidt Ulrich. “Dislocation dynamics during plastic deformation”. Vol. 129. *Springer Science & Business Media, 2010.*
- 9.. Ashby Michael, Shercliff Hugh, Cebon David *Materials Engineering, Science, Processing and Design. Elsevier. Ltd., Third edition, London. 2014*

Додаткова література:

8. Kubin Ladislav. “Dislocations, mesoscale simulations and plastic flow”. Vol. 5. *Oxford University Press, 2013*
9. B.H. Ji, H.J. Gao *Mechanical properties of nanostructure of biological materials J. Mech. Phys. Solid., 52 (2004), pp. 1963-1990*
10. Подрезов Ю. М., Волощенко С.М., Гогаєв К.О. Лемеші. Як підвищити ресурс експлуатації за допомогою високоміцного бейнітного чавуну. *Агрперспектива №5 (223) 2019 74-*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Передбачено комплексний підхід, що поєднує лекції та семінари, а також розгляд питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовується ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені в Google Classroom. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої. Метою практичних занять є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти.

6. Самостійна робота

Самостійна робота включає повторення лекційного матеріалу, опрацювання рекомендованої літератури, що дозволяє розширити та поглибити знання з дисципліни, підготовку до практичних завдань та заліку.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекційних та семінарських занять, які можуть проводитись як он-лайн, так і офф-лайн, є обов'язковим. У випадку відсутності на занятті аспіранти зобов'язані повідомити викладача заздалегідь і надати документальне підтвердження причини відсутності, якщо це можливо. На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості. Під час сигналу повітряної тривоги заняття негайно припиняється, а всі учасники навчального процесу повинні пройти в найближче укриття. Для завершення заняття організується додатковий час.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів. Заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем за активну участь у заняттях, виконання творчих робіт з освітньої компоненти або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату. Але їх сума не може перевищувати 25% від рейтингової шкали. Штрафні бали в рамках освітньої програми не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань. Дедлайни здачі завдань та контрольних робіт є обов'язковими. У разі поважних причин, аспіранти можуть звернутись до викладача для можливої зміни продовження термінів. Запити на продовження дедлайну повинні бути подані заздалегідь.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

В рамках навчальної дисципліни передбачено кілька видів контролю та систему рейтингування результатів навчання, а саме:

Поточний контроль: опитування під час лекцій та на семінарських заняттях.

Семестровий контроль: екзамен.

Рейтингова система оцінювання формується з суми балів, набраних під час поточного та семестрового контролю. Рейтинг аспіранта R розраховується за 100 бальною шкалою та складається з балів, що він отримує протягом семестру (стартовий рейтинг) S та диференційованого заліку C . Додаткові бали D можна отримати за активну участь у заняттях, виконання творчих робіт з освітньої компоненти або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату. Таким чином, сумарний рейтинговий бал розраховується як

$$R=S + C + D$$

Стартовий рейтинг S складається з балів, що аспірант отримує за відвідування занять (1 бал), активну роботу на занятті (2 бали), правильну відповідь при поточному опитуванні (2 бали), виконання творчого завдання (5 балів). Максимальна сума балів, яку аспірант може набрати протягом семестру (стартовий рейтинг), складає 50 балів. Умовою допуску до заліку є кількість рейтингових балів не менше 30.

На заліку аспіранти виконують письмову тестову роботу, що складається з 50 питань. Кожне запитання (завдання) оцінюється в 1 бал. Умовою успішної здачі заліку є кількість отриманих за залікову роботу балів не менше 30.

Сумарний рейтинговий бал розраховується за формулою:

$$R=S + C + D,$$

де *S* –стартовий рейтинг;

C – залік;

D – додаткові бали.

Відповідність між кількістю балів, оцінкою за національною шкалою та шкалою ECTS наведена в таблиці.

Кількість балів	Шкала ECTS	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Відмінно
85-89	B	Добре
75-84	C	
65-74	D	Задовільно
60-64	E	
Менше 60	FX	Незадовільно
Не виконані умови допуску		Не допущено

9. Додаткова інформація з освітньої компоненти

Робочу програму освітньої компоненти (силабус):

Складено д.ф.- м.н., с.н.с., зав.від. Ю.М. Подрезов

Ухвалено Вченою радою Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича Національної академії наук України (протокол №10 від «06» серпня 2024 р.).