



Фізичні методи досліджень

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

• Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Прикладна механіка</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>денна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс / весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 год/5 кредитів ЄКТС (54 годин лекцій, 18 годин практичних робіт, 78 години СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<i>згідно www.rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: доцент, Анякін Микола Іванович anyakin@ukr.net Практичні: старший викладач, Жук Руслан Олегович r.zhuk@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NTUyMDU0NzIxMDMz</i>

• Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

У освітньому компоненті представлені основні принципи вибору об'єктів досліджень у залежності від способу вимірювання, технологію їх виготовлення (препарування), будову та принципи дії відповідного обладнання та методів обробки одержаних результатів, вміння визначити хімічний та фазовий склад об'єкту, дослідити його структуру та субструктури; виміряти механічні характеристики та проаналізувати зв'язок: хімічний склад – обробка – фазовий склад – структура – властивості.

Мета курсу: надати студентам необхідних теоретичних знань і практичних умінь щодо використання приладів і методик для вимірювання характеристик концентрованих джерел енергії, різних властивостей матеріалів, дослідження фізичних процесів, що протікають при взаємодії концентрованих потоків енергії з матеріалами, якими він повинен володіти для вирішення системи типових задач діяльності для виконання виробничих функцій.

Предмет курсу: вивчення дисципліни зосереджено на опануванні основних понять та визначень які стосуються фізичних методів досліджень, приладів, їх принципів роботи

та принципів вимірювань, розробки та оновлення бази знань при розробці технологічних процесів нетрадиційних методів обробки, розроблених з метою оптимізації продуктивності та якості технологічних процесів, забезпеченні повторюваності результатів технологічних процесів та ефективної імплементації в існуючі технологічні комплекси.

Навіщо це потрібно студенту?

Дисципліна «**Фізичні методи досліджень**» є однією з основних дисциплін, що формують навички використання високотехнологічних вимірювальних приладів, аналізу даних отриманих за допомогою таких приладів та використанню таких даних для створення проектно-конструкторської документації, розробки нових інноваційних технологічних процесів в області зварювання, лазерних та споріднених технологій, що є важливим умінням для здійснення професійної діяльності.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає підсилення та розвиток у студентів **компетентностей, передбачених освітньою програмою «Прикладна механіка» другого (магістерського) рівня вищої освіти:**

Фахові компетентності:

ФК 7. Здатність застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування.

Результати навчання освітнього компонента деталізують такі програмні результати навчання, передбачені освітньою програмою «*Прикладна механіка*»:

РН 5 Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру.

РН 6 Аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення. Розробляти, виконувати та оцінювати інноваційні проекти з урахуванням інженерних, правових, екологічних та соціальних аспектів.

РН 12 Розробляти плани і програми організації інноваційної діяльності, техніко-економічне обґрунтування інноваційних проектів у професійній діяльності

РН 14 Застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Навчальна дисципліна є вибірковою компонентою освітньої програми «Прикладна механіка» і належить до циклу професійної підготовки. Для вивчення даного кредитного модуля необхідне успішне засвоєння навчального матеріалу, з таких дисциплін і кредитних модулів, як «Матеріалознавство», «Деталі машин і основи конструювання», «Інформатика».

Знання, отримані при вивченні даної дисципліни використовуються студентами при подальшому виконанні магістерських дисертацій, що виконуються за напрямком досліджень напружено-деформованого стану і міцності зварних конструкцій.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Фізичні методи досліджень.

Тема 2. Структура, фазовий та елементний склад матеріалів.

Тема 3. Методи визначення фізико-механічних властивостей матеріалів.

Тема 4 Методи досліджень швидкопротікаючих процесів

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Інтегровані технології обробки матеріалів [Текст]: підручник / Е.С. Геворкян, Л.А. Тимофеева, В.П. Нерубацький, О.М. Мельник. – Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 238 с.
2. Фізичні методи досліджень, конспект лекцій для студентів спеціальності 8.05050204 «обробка металів за спецтехнологіями» усіх форм навчання Київ НТУУ «КПІ» 2013, <https://lftt.kpi.ua/documents/FMD/FMD-lec.pdf>
3. Тарасова Н. В. Промисловість України: тенденції, проблеми, перспективи / Тарасова Н. В., Клименко Л. П., Ємельянов В. М. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. – 320 с.

Додаткова

1. <https://www.gom.com>
2. Ajay, Singh H., Parveen, Almangour B., Handbook of Smart Manufacturing: Forecasting the Future of Industry 4.0, (2023) pp. 1 - 364, DOI: 10.1201/9781003333760
3. Hassan Assalih «3D Reconstruction and Motion Estimation Using Forward Looking Sonar» Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy Heriot-Watt University School of Engineering and Physical Sciences
4. Hamidreza Houshiar «Documentation and mapping with 3D point cloud processing» Dissertation submitted to the Faculty of Mathematics/Computer Science of the University of Würzburg in fulfilment of the requirements for the degree of Doctor Rerum Naturalium
5. Matthew Berger, Andrea Tagliasacchi, Lee Seversky, Pierre Alliez, Gael Guennebaud, et al.. «A Survey of Surface Reconstruction from Point Clouds». / Computer Graphics Forum, Wiley, 2016, pp.27. ff10.1111/cgf.12802ff. fhal-01348404v2
6. Turner Whitted «An Improved Illumination Model for Shaded Display» / Communications of the ACM Volume 23 June 1980 Number 6
7. Applied Nonlinear Programming 2Nd Edition 2017 by Dr Sanjay Sharma, New Age International (P) Ltd Publishers
8. Mark French, Fundamentals of Optimization, Text book, Springer, 2018 – 249 p.
9. Gas-powder laser cladding with slot nozzles, Zhuk, R., Chen, Z., Anyakin, M., Yao, J. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2020, 108(4), pp. 1163–1171
10. Wenshu Lin, Yang Li, Jinzhuo Wu, Shanshan Zhang and Yuan Meng «Study on Fusion of Terrestrial 3D Laser Point-clouds and Camera Image Data» / International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition Vol. 10, No. 5 (2017), pp. 29-44 <http://dx.doi.org/10.14257/ijcip.2017.10.5.03> ISSN: 2005-4254 IJSIP Copyright © 2017 SERSC
11. Kandasamy J., Rajyalakshmi R.G., Sultan M.T.H, Metal Matrix Composites: Advances in Processing Methods, Machinability Studies and Applications(2023), pp. 1 - 198, DOI: 10.1201/9781003345466
12. Dahotre N.B., Pantawane M.V., Sharma S., Laser-Based Additive Manufacturing: Modeling, Simulation, and Experiments (2022), pp. 1 - 286, DOI: 10.1002/9783527828814 Arvi Kruusing HANDBOOK OF LIQUIDS-ASSISTED LASER ROCESSING/ Arvi Kruusing -Elsevier ISBN–13: 978-0-08-044498-7, p.465
13. Elijah Kannatey-Asibu Principles of laser materials processing /Elijah Kannatey-Asibu - Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 978-0-470-17798-3 (cloth) p.838 V.Navrots, A.Graichen, H.Brodin “Industrialisation of 3D printing (additive manufacturing) for gas turbine components repair and manufacturing”/ VGB Power Tech, 12, 2015
17. Asif Ur Rehman , Muhammad Arif Mahmood Keyhole Formation by Laser Drilling in Laser Powder Bed Fusion of Ti6Al4V Biomedical Alloy: Mesoscopic Computational Fluid Dynamics Simulation versus Mathematical Modelling Using Empirical Validation/Nanomaterials 2021, 11, 3284

18. A. Streek, Fundamentals of Energy Conversion and Dissipation in Powder Layers during Laser Micro Sintering/A. Streek, P. Regenfuss, H. Exner// Physics Procedia 41 (2013) 858 – 869
19. High-fidelity numerical modelling of cold spatter formation during laser powder bed fusion of 316-l stainless steel M. BAYAT, J. H. HATTEL/ Preprint September 2022 DOI: 10.13140/RG.2.2.28595.50723

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В межах вивчення кредитного модуля впродовж семестру заплановано проведення лекційних та практичних занять.

Під час вивчення матеріалу застосовуються такі основні методи колективного та індивідуального активного навчання: проблемно-пошуковий, пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, інтерактивний, практичний та дослідницький під час проведення лекційних та практичних занять, а також метод самостійної роботи. Означені методи використовуються в контексті застосування таких навчальних технологій:

1) особистісно-орієнтовані технології, засновані на активних формах і методах навчання: колективні дискусії, інтерактивне спілкування тощо.

2) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідницький характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (онлайн-лекції, онлайн-практики під час змішаного або дистанційного навчання).

Навчальний матеріал освітнього компонента викладається на заняттях згідно табл. 1.

Таблиця 1. Структура викладання освітнього компонента

Назви розділів і тем	Кількість годин			
	Всього	у тому числі		
		Лекції	Практичні	СРС
Тема 1. Фізичні методи досліджень	25	6	2	17
Тема 2. Структура, фазовий та елементний склад матеріалів	35	14	4	17
Тема 3. Методи визначення фізико-механічних властивостей матеріалів	41	20	4	17
Тема 4. Методи дослідження швидкоплинних процесів	47	14	8	25
Разом	148	54	18	76
<i>МКР</i>	2			2
Всього годин	150			

5.1 Лекційні заняття

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Тема 1. Фізичні методи досліджень
--

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Лекція 1 Загальна характеристика та області застосування фізичних методів досліджень.

Мета та задачі курсу. Основні терміни та визначення. Основні принципи метрології. Методи обробки результатів спостережень, вимірювань. Література: [1,2,3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 2. Класифікація та характеристика методів досліджень.

Класифікація фізичних методів досліджень. Коротка характеристика методів, області застосування. Об'єкти досліджень, способи їх виготовлення.

Література [1,2,3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

Лекція 3. Об'єкти досліджень, способи їх виготовлення. Технологія приготування мікрошліфів, технологічне обладнання, абразивні матеріали та хімічні реактиви.

Література [1,2,3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Тема 2 Структура, фазовий та елементний склад матеріалів

Лекція 4. Методи досліджень мікроструктури матеріалів. Світлова мікроскопія.

Світлова мікроскопія. Принцип роботи і побудова мікроскопа. Об'єктиви. Дефекти зображень. Окуляри. Освітлювальні системи.

Література [3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 5. Методи досліджень мікроструктури матеріалів. Світлова мікроскопія II

Основні характеристики мікроскопа: збільшення, розрізняльна здатність. Способи світлової мікроскопії. **Література [1]**

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 6. Методи мікроструктурного аналізу.

Метод косоного освітлення. Метод темнопольного спостереження. Метод інтерференційного контрасту. Метод фазового контрасту. Метод спостереження у поляризованому світлі.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 7. Методи досліджень мікроструктури матеріалів. Електронна мікроскопія.

Побудова та принцип дії електронного мікроскопу. Метод фольг. Метод реплік. Растрова електронна мікроскопія. Побудова та принцип дії растрового електронного мікроскопу. Джерела інформації в зоні дії електронного променя, їх характеристики.

Література [1]

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 8. Електронна просвічуюча мікроскопія.

Джерела інформації в зоні дії електронного променя, їх характеристики. Методика роботи у режимі відбитих електронів, поглинутих електронів. Оже – спектроскопія. Методики досліджень мікроструктури. Фрактографія. Дослідження дислокацій, тонкої кристалевої структури. Мікроаналіз.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 9. Методи визначення фазового складу матеріалів.

Кристалічна будова матеріалів. Кристалографічні площини та їх визначення. Принцип взаємодії рентгеновського випромінювання з матеріалами. Рентгеноструктурний аналіз. Види обладнання. Принцип дії та побудова дифрактометра. Конструкції камер. Методика роботи з дифрактометром. Визначення фазового складу матеріалів. Методика розшифровування дифрактограм. Визначення окремих фазових складових, кількісний аналіз.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 10. Методи визначення фазового складу матеріалів II

Принцип дії та побудова дифрактометра. Конструкції камер. Методика роботи з дифрактометром. Визначення фазового складу матеріалів. Методика розшифровування дифрактограм. Визначення окремих фазових складових, кількісний аналіз.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 11. Визначення елементного складу та розподілу легуючих елементів та домішок у матеріалах.

Методи визначення хімічного складу матеріалів. Хімічний метод. Спектральний метод. Рентгеноспектральний мікроаналіз. Побудова рентгеноспектрального мікроаналізатора. Підготовка об'єктів та методика дослідження. Локальність та точність метода. Можливості метода РСМА. Іонний мікроаналіз: мас-спектроскопія вторинних іонів. Принцип метода. Спектрометр. Можливості метода. Методи визначення товщини покриттів, наплавлених шарів, шарів зі зміненою структурою.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Тема 3. Методи визначення фізико-механічних властивостей матеріалів

Лекція 12 Методи вимірювання твердості матеріалів.

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Твердість матеріалів - визначення. Статичні та динамічні методи вимірювання твердості матеріалів. Метод Бринеля. Метод Роквелла. Метод Виккерса. Метод мікротвердості. Метод дряпання. Твердість по Шору. Твердість по Кнуппу. Метод динамічного вчавлювання індентора..

Література [1,3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 13. Методи вимірювання механічних характеристик матеріалів.

Методи визначення залишкових макронапружень в поверхневих шарах матеріалів. Метод пошарового травлення (М.М. Давиденкова), метод розрізного кільця, голографічний спосіб.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 14. Методи вимірювання механічних характеристик матеріалів II

Методи вимірювання характеристик втомленої міцності матеріалів. Зразки. Обладнання. Методи визначення міцності зчеплення покриттів з основою. Метод штифтів.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 15. Методи визначення зносостійкості, теплостійкості та корозійної стійкості матеріалів.

Триботехнічні характеристик матеріалів. Способи випробувань на зношування. Машини тертя. Методи визначення теплостійкості та жароміцності матеріалів після фізико-технічної обробки.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 16. Методи визначення зносостійкості, теплостійкості та корозійної стійкості матеріалів II

Методи визначення теплостійкості та жароміцності матеріалів після фізико-технічної обробки. Методи вимірювання характеристик корозійної

Тема 4. Методи швидкоплинних процесів

Лекція 17. Методи вимірювання температур нагріву матеріалів при дії концентрованих потоків енергії

Методи вимірювання температур при фізико-технічній обробці матеріалів. Метод термопар.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 18. Методи вимірювання температур нагріву матеріалів при дії концентрованих потоків енергії II

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Пірометричні способи безконтактного вимірювання термопар. Яркісна пірометрія.
Пірометри повного поглинання.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 18 Гідродинамічні характеристик процесів взаємодії концентрованих потоків енергії з матеріалами

Методи вимірювання швидкостей переміщення границі розплаву та випаровування.
Дослідження характеристик газового потоку

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 19. Гідродинамічні характеристик процесів взаємодії концентрованих потоків енергії з матеріалами II

Дослідження характеристик газового потоку при газолазерному різанні матеріалів та газопорошкового струменя при лазерному наплавленні.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 20 Гідродинамічні характеристик процесів взаємодії концентрованих потоків енергії з матеріалами

Методи вимірювання швидкостей переміщення границі розплаву та випаровування.
Дослідження характеристик газового потоку

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 19. Гідродинамічні характеристик процесів взаємодії концентрованих потоків енергії з матеріалами II

Дослідження характеристик газового потоку при газолазерному різанні матеріалів та газопорошкового струменя при лазерному наплавленні.

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 21 Рентгенівський аналіз залишкових напружень

Залишкові напруження та їх вплив на експлуатаційні властивості деталей машин.

Умови, причини та механізми виникнення залишкових напружень.

Фізика рентгенівських променів.

Література [3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 22 Рентгенівський аналіз залишкових напружень II

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Обґрунтування вибору рентгенівського методу вимірювання залишкових напружень
Дифракція рентгенівських променів на кристалічній ґратці. Формула Вульфа – Бреггов

Кристаліграфічні індекси атомних площин та напрямлень
Дифракційний спектр полікристалічного матеріалу.

Література [3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 23 Дифрактометри

Одержання дифракційного спектру в дифрактометрах з фокусуванням по Бреггу-Брентано

Вплив пружних однорідних напружень на вигляд рентгенівської дифрактограми

Вибір дифракційних максимумів для вимірювання залишкових напружень

Література [3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 24 Визначення залишкових напружень $\sin^2\psi$ – методом

Теоретичні основи методу. Послідовність вимірювання залишкових напружень в деталях машин

Література [3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 25 Приклади розрахунку залишкових напружень та аналізу механізмів їх виникнення.

Обробка технічного заліза імпульсним лазерним випромінюванням без перекриття ЗТВ та оплавлення поверхні. Обробка сталі 20 імпульсним лазерним випромінюванням без перекриття ЗТВ та оплавлення поверхні.

Література [3]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 26

Лазерне гартування сталі 65Г випромінюванням твердотільного YAG-лазера неперервної дії.

Газопорошкове лазерне наплавлення: будівництво епюри ЗН в шарі

Література [1]

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання

<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

Лекція 27

Комбінована обробка: лазерне легування з послідовним іоно–плазмовим азотуванням

Література [2]

Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)

Завдання на СРС: дати відповіді на контрольні запитання
<https://classroom.google.com/c/MjY4ODAyODkxNzY1>

5.2 Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у набутті вмінь управляти життєвим циклом продукту.

Назва теми заняття
Заняття 1. Визначення хімічного складу матеріалів методом мас – спектроскопії вторинних іонів
Заняття 2. Визначення хімічного складу матеріалів методом рентгеноспектрального мікроаналізу
Заняття 3. Ідентифікація однофазних речовин по даним про міжплощинні відстані
Заняття 4. Рентгеноструктурний якісний фазовий аналіз
Заняття 5. Процеси фінішної обробки
Заняття 6 . Створення плану робіт з впровадження інноваційних технологій
Заняття 7 Аналіз напруженого стану деталей методами рентгеноструктурного аналізу
Заняття 8. Показники якості результатів та методів вимірювання
Заняття 9 Модульна контрольна робота .

5.3 Завдання до модульної контрольної роботи

1. Залишкові напруження та їх вплив на експлуатаційні властивості деталей машин.
2. Умови, причини та механізми виникнення залишкових напружень.
3. Фізика рентгенівських променів.
4. Обґрунтування вибору рентгенівського методу вимірювання залишкових напружень
5. Дифракція рентгенівських променів на кристалічній ґратці. Формула Вульфа – Бреггов
6. Кристалографічні індекси атомних площин та напрямлень
7. Дифракційний спектр полікристалічного матеріалу.
8. Одержання дифракційного спектру в дифрактометрах з фокусуванням по Бреггу-Брентано
9. Вплив пружних однорідних напружень на вигляд рентгенівської дифрактограми
10. Вибір дифракційних максимумів для вимірювання залишкових напружень
11. Визначення залишкових напружень $\sin^2\psi$ – методом
 - 11.1. Теоретичні основи методу.
 - 11.2. Послідовність вимірювання залишкових напружень в деталях машин
12. Приклади розрахунку залишкових напружень та аналізу механізмів їх виникнення.
 - 12.1. Обробка технічного заліза імпульсним лазерним випромінюванням без перекриття ЗТВ та оплавлення поверхні
 - 12.2. Обробка сталі 20 імпульсним лазерним випромінюванням без перекриття ЗТВ та оплавлення поверхні.
 - 12.3. Лазерне гартування сталі 65Г випромінюванням твердотільного YAG-лазера неперервної дії.
 - 12.4. Газопорошкове лазерне наплавлення: будівництво епюри ЗН в шарі
 - 12.5. Комбінована обробка: лазерне легування з послідувачим іоно–плазмовим азотуванням

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента полягає у підготовці до лекційних і практичних занять, модульної контрольної роботи, а також підготовці до екзамену шляхом опрацювання рекомендованої літератури, підготовці відповідей на контрольні запитання і розв'язуванні задач.

№ з/п	Назви тем для самостійного опрацювання та посилання на навчальну літературу
1.	Метод Монте-Карло Література [1]
2.	Системи контролю якості Література [1]
3.	Лазерний трекінг у виробництві Література [1]
4.	Параметричний підхід до тривимірного моделювання Література [1,2]

• Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у змішаному режимі: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача.

Правила поведінки на заняттях.

Правила поведінки на заняттях регламентуються етичними нормами: всі учасники освітнього процесу в університеті повинні дотримуватись вимог чинного законодавства України, Статуту і Правил внутрішнього розпорядку КПІ ім. Ігоря Сікорського, загальноприйнятих моральних принципів, підтримувати атмосферу доброзичливості, відповідальності, порядності й толерантності, дбайливо ставитися до університетського майна.

Під час аудиторних занять студенти повинні дотримуватись діючих правил охорони праці, безпеки життєдіяльності і правил пожежної безпеки, а в разі навчання за дистанційною формою виконувати вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я під час роботи з екранними пристроями.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Студенти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.

Порушення термінів виконання певного виду робіт враховується згідно рейтингової системи оцінювання. **Під час дії воєнного стану штрафні бали не нараховуються.**

Пропущені контрольні заходи:

Якщо контрольні заходи пропущені з поважних причин (хвороба або вагомі життєві обставини), студенту надається можливість додатково скласти контрольне завдання

протягом найближчого тижня. В разі порушення термінів виконання завдання з неповажних причин, студент не допускається до складання екзамену в основну сесію.

Політика щодо академічної доброчесності докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

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

Поточний контроль: практичні роботи, модульна контрольна робота.

Календарний контроль: провадиться 2 раз на семестр за встановленим графіком як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль.

В якості контролю знань, опанованих студентами за семестр викладання освітнього компоненту, навчальним планом передбачено складання екзамену, умови допуску до якого та принцип оцінювання викладено в PCO освітнього компоненту.

Рейтингова система оцінювання та критерії нарахування вагових балів:

1. Лекції.

Оцінюється самостійна робота студента, яка полягає у представленні відповідей на контрольні питання.

Ваговий бал - 1 за кожен вірну відповідь на питання. Передбачено 10 контрольних опитувань.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відповіді на контрольні питання до всіх лекцій: $1 \times 10 = 10$ балів.

Термін представлення відповідей – впродовж тижня після відповідної лекції.

2. Практичні заняття.

Ваговий бал – 32.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за відпрацювання всіх практичних занять (8 занять): $8 \times 4 = 32$ балів.

Індивідуальне числове завдання розв'язують на відповідній парі за розкладом занять або згідно індивідуального графіку, погодженого з викладачем.

Рейтингові бали за кожне практичне заняття

Бали	Критерій оцінювання
4,0	Завдання виконано, зауважень немає, є відповіді на всі запитання.
3,6	Завдання виконано з несуттєвими зауваженнями, у відповідях трапляються неточності.
3,2	Завдання виконано з зауваженнями, є відповіді на більшість запитань.
2,8	Завдання виконано з помилками, є відповіді лише на частину запитань.
2,4	Завдання виконано із значними помилками, є відповіді лише на окремі питання.
0	Завдання не виконано, звіт не представлений.

3. Модульна контрольна робота.

Модульний контроль проводиться у вигляді тематичної контрольної роботи і базується на відповідній кількості годин лекційних занять та СРС. Контрольна робота складається з теоретичних питань. В залежності від повноти та правильності відповіді на кожне питання, студент отримує наступні рейтингові бали:

Рейтингові бали за модульну контрольну роботу

Бали	Критерій оцінювання
18,0	Вірна відповідь більш, ніж на 95 % питань
16,2	Вірна відповідь більш, ніж на 85 % питань
14,4	Вірна відповідь більш, ніж на 75 % питань
12,6	Вірна відповідь більш, ніж на 65 % питань
10,8	Вірна відповідь більш, ніж на 60 % питань
0	Вірна відповідь менш, ніж на 60 % питань або студент був відсутній

Штрафні та заохочувальні бали:

Штрафні бали не нараховуються на період дії воєнного стану.

Заохочувальні бали нараховуються за розв'язок студентом спеціального індивідуального творчого завдання з дисципліни або участь у конференціях з публікацією матеріалів доповідей за тематикою кредитного модуля «+1...6 балів».

Розмір шкали рейтингу кредитного модуля: $RD = R_c + R_e = 60 + 40 = 100$ балів, де стартова шкала $R_c = 60$ балів, екзаменаційна шкала $R_e = 40$ балів.

Умови календарного контролю

Календарний контроль з навчальної дисципліни (освітнього компонента) проводиться, як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях кожного семестру. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю з навчальної дисципліни є значення поточного рейтингу здобувача не менше, ніж 50 % від максимально можливого на час проведення такого контролю. Результати календарного контролю заносяться у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

Критерії екзаменаційного оцінювання.

Рейтингова система оцінювання складається з балів, отриманих здобувачем за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів. Рейтингова оцінка доводиться до здобувачів на останньому занятті з дисципліни в семестрі.

Умови допуску до екзамену.

1. Відпрацьовані усі практичні заняття.
2. Стартовий рейтинг $R_c \geq 36$.

Відпрацювання кожного пропущеного заняття може бути замінено складанням тесту для отримання балу за відповідне заняття.

Друга складова – це екзаменаційна оцінка (максимальна кількість балів – 40), призначена для оцінювання окремих завдань на екзамені. Екзамен відбувається за розкладом екзаменаційної сесії, затвердженим директором інституту. Екзаменаційний білет складається з 3 завдань: 2 теоретичні питання і 1 кейс до аналізу.

Кейси:

1. Призначення високих технологій і перспективи їхнього розвитку.
2. Приклади застосування високих технологій у машинобудівному виробництві України.
3. Приклади застосування інноваційних технологій на машинобудівних підприємствах.

Правильна відповідь на кожне теоретичне питання оцінюється в 10 балів, за правильний розв'язок задачі нараховується 20 балів.

Рейтингові бали за завдання білету

Бали за теор. питання	Бали за кейс	Критерій оцінювання
10	20	Відмінна відповідь (не менше 95% інформації), можливе несуттєве зауваження або неточність
9	18	Дуже добра відповідь (не менше 85% інформації), помилок немає, відповідь на переважну більшість питань
8	16	Добра відповідь (не менше 75% інформації), помилок немає, відповідь на більшість питань, окремі недоліки
7	14	Достатня відповідь (не менше 65% інформації), є зауваження, відповідь тільки на частину питань
6	12	Задовільна відповідь (не менше 60% інформації), суттєві помилки, відповідь на поодинокі питання
0	0	Відповідь не вірна або менше 60% інформації, або відсутня

Екзамен в умовах дистанційного навчання проводиться через складання тесту on-line в системі дистанційного навчання Google Classroom.

Тест складається з 20 питань, які випадковим способом обираються з бази питань. Кожне питання оцінюється в 2 бали.

Максимальна кількість балів, які можна отримати за складання тесту $20 \times 2 \text{ б.} = 40 \text{ б.}$ Правильних відповідей на питання може бути більше однієї, що програмно враховано при нарахуванні балів.

Тест зараховується, якщо студент набрав не менше від 60% від максимальної кількості балів, що становить не менше 24 балів.

Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни

За результатами заходів поточного контролю з дисципліни, заохочувальних, штрафних балів та екзамену:

$$R = 10 + 32 + 18 + 40 = 100 \text{ балів}$$

Для отримання відповідної оцінки з дисципліни студент має набрати певну кількість балів, згідно з таблицею перерахунку:

Таблиця 2. Переведення суми стартових і екзаменаційних балів у рейтингову оцінку з кредитного модуля RD:

$RD=R_c+R_E$	Традиційна оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	
< 60	незадовільно
$R_c < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	не допущений

Перелік екзаменаційних питань:

1. Класифікація фізичних методів досліджень.
2. Коротка характеристика методів, області застосування. Об'єкти досліджень, способи їх виготовлення.
3. Об'єкти досліджень, способи їх виготовлення. Технологія приготування мікросліфів, технологічне обладнання, абразивні матеріали та хімічні реактиви. Світлова мікроскопія.
4. Принцип роботи і побудова мікроскопа. Об'єктиви. Дефекти зображень. Окуляри. Освітлювальні системи. Основні характеристики мікроскопа: збільшення, розрізняльна здатність.
5. Способи світлової мікроскопії. Метод косоного освітлення. Метод темнопольного спостереження.
6. Метод інтерференційного контрасту.
7. Метод фазового контрасту.
8. Метод спостереження у поляризованому світлі.
9. Побудова та принцип дії електронного мікроскопу.
10. Метод фольг. Метод реплік.
11. Растрова електронна мікроскопія.
12. Побудова та принцип дії растрового електронного мікроскопу.
13. Джерела інформації в зоні дії електронного променя, їх характеристики.
14. Методика роботи у режимі відбитих електронів, поглинутих електронів. Оже – спектроскопія. Методики досліджень мікроструктури. Фрактографія.
15. Дослідження дислокацій, тонкої кристалічної структури. Мікроаналіз.
16. Кристалічна будова матеріалів. Кристалографічні площини та їх визначення.
17. Принцип взаємодії рентгеновського випромінювання з матеріалами.
18. Рентгеноструктурний аналіз. Види обладнання.
19. Принцип дії та побудова дифрактометра. Конструкції камер.
20. Методика роботи з дифрактометром. Визначення фазового складу матеріалів.
21. Методика розшифрування дифрактограм.
22. Визначення окремих фазових складових, кількісний аналіз.
23. Принцип дії та побудова дифрактометра. Конструкції камер.
24. Методика роботи з дифрактометром. Визначення фазового складу матеріалів. Методика розшифрування дифрактограм.
25. Визначення окремих фазових складових, кількісний аналіз.
26. Методи визначення хімічного складу матеріалів. Хімічний метод. Спектральний метод. Рентгеноспектральний мікроаналіз.
27. Побудова рентгеноспектрального мікроаналізатора.
28. Підготовка об'єктів та методика дослідження. Локальність та точність метода. Можливості метода РСМА.
29. Іонний мікроаналіз: мас-спектроскопія вторинних іонів. Принцип метода. Спектрометр. Можливості метода. Методи визначення товщини покриттів, наплавлених шарів, шарів зі зміненою структурою.

30. Твердість матеріалів - визначення. Статичні та динамічні методи вимірювання твердості матеріалів. Метод Бринеля. Метод Роквелла. Метод Віккерса. Метод мікротвердості. Метод дряпання.
31. Твердість по Шору. Твердість по Кнуппу. Метод динамічного вчавлювання індентора..
32. Методи визначення залишкових макронапружень в поверхневих шарах матеріалів. Метод пошарового травлення (М.М. Давиденкова), метод розрізного кільця, голографічний спосіб.
33. Методи вимірювання характеристик втомленої міцності матеріалів. Зразки. Обладнання. Методи визначення міцності зчеплення покриттів з основою. Метод штифтів.
34. Триботехнічні характеристик матеріалів. Способи випробувань на зношування. Машини тертя. Методи визначення теплостійкості та жароміцності матеріалів після фізико-технічної обробки.
35. Методи визначення теплостійкості та жароміцності матеріалів після фізико-технічної обробки. Методи вимірювання характеристик корозійної Методи вимірювання температур при фізико-технічній обробці матеріалів. Метод термопар.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем Жуком Русланом Олеговичем
доцентом Анякіним Миколою Івановичем

Ухвалено кафедрою лазерної техніки та фізико-технічних технологій (протокол №4 від 30.11.2022)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №5/22 від 12.12.2022)