



Радіаційне металознавство та еліонні технології

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Металознавство</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в металознавстві</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 (120 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	https://Rozklad.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лекції: Волошко С.М., професор, д.ф.-м.н. Практичні: Волошко С.М., професор, д.ф.-м.н. 0630759552 - Telegram та Viber voloshko@kpm.kpi.ua voloshkosvetlana13@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/NT11OTU2ODE2NTc0?cjc=6szo5qn

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна належить до переліку вибіркових дисциплін циклу професійної підготовки освітньої програми першого рівня вищої освіти – бакалавра та складається з одного кредитного модулю.

Предмет навчальної дисципліни: Фізичні процеси, пов'язані з впливом іонізуючого випромінювання на металеві матеріали. Засоби боротьби зі шкідливим впливом іонізуючого випромінювання на властивості матеріалів і пристроїв, які застосовуються в аерокосмічній галузі (сонячні батареї, елементи обчислювальних машин, блоки керування тощо). Взаємодія високоенергетичних частинок з речовиною та характер радіаційних пошкоджень. Пари Френкеля, дивакансії, тривакансії, кластери, вакансійні та міжвузлові комплекси. Наслідки інтенсивного радіаційного опромінення іонами або нейтронами, виникнення газонаповнених пор та радіаційне розпухання. Радіаційне зміцнення та окрихчування. Ефекти дальності. Основи йонно-променевих, йонно-плазмових та електронно-променевих технологій.

Особливість подання цієї проблематики студентам спеціалізації: Для спеціалізації «Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в металознавстві»

особливістю подання матеріалу є наголос на тому, як за допомогою еліонних технологій створювати особливі наноструктурні стани та покращувати властивості функціональних і конструкційних матеріалів аерокосмічного призначення.

Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів компетентностей у відповідності до ОНП, а саме:

Загальні компетентності (КЗ)	
КЗ.01	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
КЗ.02	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
КЗ.03	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
КЗ.04	Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
КЗ.05	Здатність приймати обґрунтовані рішення.
КЗ.06	Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
КЗ.07	Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.
КЗ.10	Здатність працювати автономно.
Спеціальні (фахові) компетентності (КС)	
КС.02	Здатність забезпечувати якість матеріалів та виробів.
КС.03	Здатність ефективно використовувати технічну літературу та інші джерела інформації в галузі матеріалознавства.
КС.07	Здатність застосовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів, необхідних для підтримки діяльності в сфері матеріалознавства.
КС.10	Здатність застосовувати навички роботи із випробувальним устаткуванням для вирішення матеріалознавчих завдань.
КС.18	Здатність оцінити доцільність використання покриттів для виробів різного призначення з метою їх зміцнення чи захисту.
КС.19	Здатність забезпечувати моделювання технологічних процесів отримання та обробки виробів із заданими властивостями з відповідних матеріалів за допомогою стандартного програмного забезпечення.

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми освітньої програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

ПРН 9	Експериментувати та аналізувати дані.
ПРН 13	Кваліфіковано обирати матеріали для виробів різного призначення на підставі знань впливу на структуру і властивості матеріалів методів модифікації.
ПРН 15	Застосовувати у професійній діяльності принципи проектування нових матеріалів.
ПРН 19	Обирати і застосовувати придатні типові методи дослідження (аналітичні, розрахункові, моделювання, експериментальні); правильно інтерпретувати результати таких досліджень та робити висновки.
ПРН 27	Користуватися стандартним програмним забезпеченням з метою вибору матеріалу за заданими властивостями для конкретних виробів та умов їх експлуатації.

АЛГОРИТМИ ДІЙ В СТАНДАРТНИХ ПРОФЕСІЙНИХ СИТУАЦІЯХ

- Проводити експериментальні дослідження для визначення фізичних, механічних та інших характеристик модифікованих матеріалів;
- Визначати режими низькоенергетичного йонного опромінення для підвищення корозійної стійкості металів і сплавів;

- Прогнозувати дефектоутворення та радіаційні пошкодження у металевих матеріалах під час взаємодії з прискореними йонами та електронами.

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

Освітній компонент базується на курсах: "Металознавство", "Дефекти кристалічної будови матеріалів", "Фізика конденсованого стану". Також є базовою для курсів «Діагностика та дефектоскопія», «Основи теорії корозії та захисту металів».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи радіаційного матеріалознавства: метали та сплави
Вступ. Предмет і завдання дисципліни.
Тема 1.1. Сучасний статус радіаційного матеріалознавства.
Тема 1.2. Загальні основи фізики взаємодії прискорених йонів з твердими тілом.
Тема 1.3. Структурні дефекти у твердому тілі після йонного впливу.
Тема 1.4. Унікальні ефекти йонного опромінення. Явище блістерінга. Ефекти дальності.
Тема 1.5. Прискорена дифузія і стабільність матеріалу під дією йонного бомбардування.
Тема 1.6. Методи дослідження модифікованих матеріалів.
Розділ 2 Еліонні технології модифікації матеріалів
Тема 2.1. Легування нанорозмірних гетероструктур атомами віддачі та прискореними йонами.
Тема 2.2. Іонна стимуляція у процесах формування тонких металевих плівок.
Тема 2.3. Підвищення рівня корозійної стійкості металевої поверхні низькоенергетичним йонним опроміненням.
Тема 2.4. Модифікація властивостей металів та нанесення покриттів за допомогою імпульсних плазмових струменів.
Тема 2.5. Електронно-променева технологія та 3D-друк для авіагалузі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література (Усі видання наявні в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського та в електронному вигляді за посиланням

<https://classroom.google.com/c/MjYxNDc0NjY4OTkz?cjc=6c5vrwb>).

1. Основи нанофізики і нанотехнологій [Електронний ресурс] : [підручник] / В. В. Погосов, Г. В. Корніч, Є. В. Васютін, К. В. Пугіна, В. І. Киприч. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,76 Мбайт). – Запоріжжя. : ЗНТУ, 2008. - 630 с. – Режим доступу: <http://eir.zntu.edu.ua/handle/123456789/314>
2. Ларіков, Л. Н. Структура і властивості металів [Електронний ресурс] : **конспект лекцій** для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» (освітня програма "Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання") / Ларіков Леонід Нікандрович ; КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Сидоренко С. І., Волошко С. М. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,98 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 329 с. – (Серія "Педагогічне надбання: Л.Н. Ларіков."). – Назва з екрана. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37764>
3. Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур : **навчальний посібник** для студ. спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітньої програми «Інжиніринг та комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві» / КПІ ім. Ігоря

- Сікорського, Вид-во “Центр учбової літератури”; уклад. : С. М. Волошко, О. А. Крутько, Н. В. Франчік, А. П. Бурмак. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 96 с.
- Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур: **лабораторний практикум** для студентів спеціальності 132 “Матеріалознавство”, освітньої програми “Металофізичні процеси та їх комп’ютерне моделювання” / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Волошко С.М., Крутько О.А., Франчік Н.В. – Київ : Видав-во «Центр учбової літератури», 2020. – 80 с.
 - Готра З. Ю. Технологія електронної техніки: **Навчальний посібник** у двох томах. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – том 2. – 84 с.

Додаткова література (Усі видання наявні в електронному вигляді за посиланням <https://classroom.google.com/c/NTI1OTU2ODE2NTc0?cjc=6szo5qn>)

- М. Васильєв, В. Тінков, С. Волошко. Вторинно-електронна спектроскопія поверхні: характеристичні втрати, GlobeEdit, 2022. – 175 р.
- Навчальний посібник.** Аномальне масоперенесення [текст] : навч. посіб. для підготовки докторів філософії за освітньо-науковою програмою «Матеріалознавство / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. : С.І. Сидоренко, О.В. Філатов, С.М. Волошко, І.О. Круглов. – Київ : Вид-во «САК ЛТД», 2020. – 82 с.
- Элионная технология в микро- и наноиндустрии: ускоренные ионы: учебное пособие / Г.Д. Кузнецов, А.Р. Кушхов, А.А. Сергиенко, Н.А. Харламов. – М.: МИСИС, 2012. – 128 с.
- И.М. Неклюдов, В.Н. Воеводин. Современный статус радиационного материаловедения / 10-я Международная конференция «Взаимодействие излучений с твердым телом», 24-27 сентября 2013 г., Минск, Беларусь. – С. 127-133.
- Сидоренко С.І., Васильєв М.О., Волошко С.М. Дифузія в металевих плівках з мікро- та нанорозмірною структурою – Київ: Наукова думка, 2011. – 557 с.
- Гэри С. Вас. Основы радиационного материаловедения. Металлы и сплавы /перевод с английского под ред. Н.М. Власова, О.И. Челябиной. – М.: Техносфера, 2014. – 992 с.
- Д.И. Тетельбаум, В.Я. Баянкин. Эффект дальнего действия. ПРИРОДА, № 4, 2005. - С. 9-17.
- Г.Д. Кузнецов. Расчеты параметров взаимодействия ускоренных ионов с твердым телом: учебно-методическое пособие. – М.: Учеба, 2005. – 55 с.
- М.Б. Гусева. Ионная стимуляция в процессах образования тонких пленок на поверхности твердого тела. Соросовский образовательный журнал, 1998. -№ 10. – с. 106-112.
- Л.Н. Лариков, Н.В. Дубовицкая, С.М. Захаров и др. Ускорение диффузии в твердом теле при взаимодействии с плазмой / В кн.: Взаимодействие атомных частиц с твердым телом, ч. 2. Минск (1978) 157. (К вопросу о модели ускоренного массопереноса в условиях ионно - плазменного насыщения твердых тел. Препринт ДонФТМ-91-4. Донецк, 1991. – 12 с.)
- Беграмбеков Л.Б. Модификация поверхности твердых тел при ионном и плазменном воздействии: Учебное пособие. М.: МИФИ, 2001. – 25 с.
- Артюх В.Г., Белоус В.А., Рекозл Л.П. О влиянии ионной имплантации инертных газов на коррозионную стойкость металлов. Обзор: г.1.: ЦНИ Шагоминформ, 1991. – 39 с.
- М.А. Васильєв, С.И. Сидоренко, С.М. Волошко, В.С. Філатова, П.А. Гурін. Антибактериальная обработка титана ионами Ar⁺. Metallofiz. Noveishie Tekhnol. 2020, vol. 42, No. 2, pp. 215–236. <https://doi.org/10.15407/mfint.42.02.0215>
- Э.З. Коваль, Л.П. Сидоренко. Микродеструкторы промышленных материалов. – Киев:

Наукова думка, 1989. – 192 с. (або С.І. Сидоренко и сотр. Взаимодействие микроскопических грибов с вакуумно конденсированными металлами // Докл. АН УССР. Сер. физ-мат. и техн. науки. – 1986. - №6. - С. 75-78).

20. И.А. Аброян, А.Н. Андронов, А.И. Титов. Физические основы электронной и ионной технологии / учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1984. – 320 с.

21. К.К. Кадыржанов, Ф.Ф. Комаров, А.Д. Погребняк, В.С. Русаков, Т.Э Туркебаев. Ионно-лучевая и ионно-плазменная модификация материалов. М.: МГУ, 2005. – 640 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Лекція 1. Вступ. Предмет і завдання дисципліни. Предмет, завдання курсу. Місце курсу в комплексі наук фізичного матеріалознавства. Стислий огляд основних питань, що будуть розглядатися. Стратегічні напрямки розвитку радіаційних матеріалів в аерокосмічних технологіях до 2030 року. Як за допомогою еліонних технологій створювати особливі наноструктурні стани та покращувати властивості функціональних і конструкційних матеріалів аерокосмічного призначення.</p>
2	<p>Лекція 2. Сучасний статус радіаційного матеріалознавства. Завдання радіаційного матеріалознавства, як науки. Радіаційна пошкоджуваність. Загальна характеристика конструкційних матеріалів ядерних реакторів – аустенітні неіржавіючі сталі, феритно-мартенситні, цирконієві сплави. Радіаційно-індукована деградація механічних властивостей, механізми змін мікроструктури. Основна література: [2] – с. 181-187. Додаткова література: [9] – с. 127-133. Завдання на СРС: Зміни структури та властивостей металів під час потужних імпульсних впливів. [2] – с. 202-207.</p>
3	<p>Лекція 3. Загальні основи фізики взаємодії прискорених йонів з твердим тілом. Енергетика взаємодії йонів з атомами твердого тіла. Енергія йонного опромінення та флюенс. Основні ефекти, пробіг йонів, розподіл втілених йонів. Високоенергетичне та низькоенергетичне йонне опромінення. Гальмівна здатність речовини. Основна література: [3] – с. 10-17. [6] – с. 5-13. Додаткова література: [20] – с. 5-23. Завдання на СРС: Вплив опромінення на фазові перетворення. [2] - с. 177-181. Зміна властивостей металів під час опромінення. [2] – с. 181-187.</p>
4	<p>Лекція 4. Структурні дефекти у твердому тілі після йонного впливу. Первинні та вторинні дефекти, порушення упорядкування гратки. Пари Френкеля, дивакансії, тривакансії, кластери, вакансійні та міжвузлові комплекси. Інтерпретація результатів досліджень дефектної структури матеріалів після радіаційного опромінення. Основна література: [1] – с. 458-473; [2] – с. 23-42. Додаткова література: [6] – с. 57-63. [10] – с. 198-207, 327-335. [20] – с.87-114. [21] – с. 116-128. Завдання на СРС: Термодинаміка формування точкових дефектів [10] – с. 207-212. Вплив точкових дефектів на властивості металів [2] – с. 23-27. Зміни властивостей металів при утворенні дислокацій [2] - 27-34. Взаємодія точкових та лінійних дефектів. [2] – с. 34-42.</p>
5	<p>Лекція 5. Унікальні ефекти йонного опромінення. Зміни складу та структури. Розпилення, рост зерна, текстура, блістерінг та відшарування, тверді фази та гратка пухирців інертного газу. Дефектоутворення в тонких плівках під впливом йонної та йонно-термічного впливів. Додаткова література: [7] – с. 37-48. [11] – с. 590-595, 630-643.</p>

	Завдання на СРС: Дислокаційна мікроструктура. [11] – с. 634-637. Аморфізація [11] – с. 557-565.
6	Лекція 6. Явище блістерінга. Блістерінг на поверхні матеріалів під час опромінення йонними пучками. Відкриття ефекту радіаційного розпухання. Блістерінг, флекінг, свеллінг, страглінг. Трансмутація. Пориста структура поверхні типу «манна каша». Шляхи боротьби з блістерінгом, вибір оптимальних матеріалів. Додаткова література: [11] – с. 498-508. Завдання на СРС: Сонячний вітер. Повільний та швидкий сонячний вітер. Явища, які його супроводжують. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%B5%D1%80
7	Лекція 7. Ефекти дальності. «Білі плями» теорії в ефектах дальності, акустичні хвилі, внутрішній фотоефект і зародження гиперзвукових хвиль, метаморфози на зовнішніх границях та інші парадоксальні ефекти під час йонного опромінення. Основна література: [1] – с. 64-82. [2] – с. 38-67. Додаткова література: [12] – с. 9-17. Завдання на СРС: Зміни мікротвердості залежно від дози опромінення: «дальнобійні» йони. [12] – с. 12-14.
8	Лекція 8. Прискорена дифузія під дією йонного бомбардування. Радіаційно-стимульована дифузія. Дифузія міжвузловинами. Прискорена дифузія в процесі відпалу після йонного опромінення. Дифузія в багат шарових тонких плівках під дією низькоенергетичного йонного опромінення. Основна література: [1] – с. 475-491. [3] – с.227-246. [4] – с. 4-20. Додаткова література: [7] – с. 50-57. [11] – с.212-222, с. 254-258. Завдання на СРС: Огляд моделей йонного перемішування [1] – с. 476-480. Дифузія точкових дефектів [10] – с. 212-216.
9	Лекція 9. Стабільність матеріалу за умов опромінення. Радіаційне зміцнення. Радіаційне окрихчення. Радіаційна повзучість. Радіаційне зростання – анізотропна зміна розмірів. Засоби боротьби зі шкідливим впливом іонізуючого випромінювання на властивості матеріалів і пристроїв, які застосовуються в аерокосмічній галузі (сонячні батареї, елементи обчислювальних машин, блоки керування тощо). Додаткова література: [10] – с. 709-733, 769-774, 848-862. [21] – с.130-134. Завдання на СРС: Зміцнення полікристалів. [10] – с. 731-733. Радіаційне зміцнення під час відпалу. [10] – с. 742.
10	Лекція 8. Методи дослідження модифікованих матеріалів. Рентгенофазовий аналіз. Мессбуерівська спектроскопія. Ядерно-фізичні методи дослідження. Резерфордівське зворотне розсіювання. Метод ядерних реакцій. Метод анігіляції повільних позитронів. Основна література: [3] – с. 38-45. Додаткова література: [21] – с. 65-70, 76-80, 96-112. [6] – с. 9-35. Завдання на СРС: Методи механічних випробувань [21] – с. 114-116. Мас-спектрометрія вторинних йонів. [3] – с. 38-50.
	МКР Частина 1
11	Лекція 11. Легування нанорозмірних гетероструктур атомами віддачі та прискореними йонами. Приповерхнева імплантація. Фазоутворення в процесі імплантації. Практичне застосування йонної імплантації. Основна література: [2] – с. 114-127. [1] – с. 580. Додаткова література: [6] – с. 75-79, с. 84-94. [21] – с. 275-300. Завдання на СРС: Вплив легування на процеси зміцнення [2] – с. 121-127. Зміна структури та властивостей при поверхневому легуванні [2] – с. 127-134.

12	<p>Лекція 12. Іонна стимуляція у процесах формування тонких металевих плівок. Процес конденсації. Зародкоутворення за умов йонного опромінення. Роль точкових дефектів. Ефект радіаційної тряски. Йонна стимуляція на поверхні металів та діелектриків.</p> <p>Основна література: [1] – с. 532-550.</p> <p>Додаткова література: [14] – с. 106-117. [19] – с. 5-30.</p> <p>Завдання на СРС: Напилювання та розпилення: нанотехнології. [1] – с. 571-584.</p> <p>Структуровані плівки: віскери. [1] – с. 562-569.</p>
13	<p>Лекція 13. Підвищення рівня корозійної стійкості металевої поверхні низькоенергетичним йонним опроміненням. Історія, перші досліди та неочікувані ефекти. Вплив йонів гелію та аргону на корозійну стійкість залізвуглецевих сплавів. Механізми підвищення корозійної стійкості металів та сплавів. Підвищення біокорозійної стійкості плівок Cu, Ni, Cr, Mo, Ti автойонним бомбардуванням в процесі їхнього осадження. Захист металів від грибною корозії йонним опроміненням. Механізм грибною корозії металів.</p> <p>Основна література: [3] – с. 361-371. [2] – с. 122-125; [3] – с. 34-56.</p> <p>Додаткова література: [17] – с. 1-39.</p> <p>Завдання на СРС: Фізико-хімічні процеси на поверхні металів за участі мікроскопічних грибів. Закономірності процесів взаємодії грибів із металевими виробами та основні види ушкоджень. [19] – с. 40-60.</p>
14	<p>Лекція 14. Ефекти пасивації поверхні і зменшення кількості адгезованих бактерій в результаті бомбардування іонами Ar⁺. Металева імплантологія, проблеми інтеграції та відторгнення. Розробка інтерфейсів тканин/імплант, вплив шкідливих мікроорганізмів. Хімічні та морфологічні ефекти впливу йонного бомбардування на адгезію бактерій стафілокока. Пасивація поверхні тонких плівок.</p> <p>Додаткова література: [6] – с. 150-156. [18] – с. 215-224, 231-235.</p> <p>Завдання на СРС: Механізми взаємодії в системі метал/бактерії. [18] – с. 225-230.</p>
15	<p>Лекція 16. Модифікація властивостей металів та нанесення покриттів за допомогою імпульсних плазмових струменів. Взаємодія плазми з металевою поверхнею. Процеси легування та масопереносу. Рекомбінація. Масоперенос в двошарових системах. Масоперенос в багатшарових системах. Вплив атмосфери. Зміна топографії поверхні після йонно-плазмового впливу.</p> <p>Основна література: [2] – с. 227-234.</p> <p>Додаткова література: [8] – с. 549-560. 85-92. [21] – с. 418-426.</p> <p>Завдання на СРС: Проблема кульової блискавки. [1] – с. 363-340.</p>
16	<p>Лекція 11. Електронно-променева технологія.</p> <p>Базові пристрої для електронно-променевої обробки. Фізичні основи взаємодії прискорених електронів із речовинами. Теплові ефекти під час електронно-променевої обробки. Структурні та фазові перетворення у зоні теплового впливу електронних пучків. Базові технологічні процеси електронно-променевої обробки в електронній техніці.</p> <p>Основна література: [5] – с. 5-34.</p> <p>Додаткова література: [21] – с. 230-243. [20] – с. 238-258.</p> <p>Завдання на СРС: Електронно-променева літографія. [5] – с. 442-460.</p> <p>Морфологія поверхні та її взаємозв'язок з властивостями металів після впливу пучків заряджених частинок. [21] – с. 207-210.</p>
17	<p>Лекція 12. 3D-друк для авіагалузі. Пошарове виготовлення металевих виробів заданої форми і структури методом електронно-променевого 3D друку. Особливості формування структури та фазового складу. Механічні властивості. Застосування готових виробів у авіабудуванні.</p> <p>Основна література: [5] – с. 25-36.</p> <p>Додаткова література: [21] – с. 20-29, 178-183.</p>

	Завдання на СРС: Технологія майбутнього: 20 маловідомих, але досить цікавих фактів про 3D-друк https://dailyday.com.ua/tech/tekhnologiya-majbutnogo-20-malovidomikh-ale-dosit-tsikavikh-fakti-v-pro-3d-druk.html
10	МКР Частина 2

Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних робіт полягають у формуванні у студентів практичних навичок роботи з вакуумним обладнанням, йонними та електронними джерелами.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Техніка безпеки під час роботи з йонним опроміненням. Мета роботи: засвоїти правила техніки безпеки під час роботи з мас спектрометром MS-7201M, ознайомитися з будовою та принципом дії спектрометру, особливостями застосування вторинно-іонної мас-спектрометрії у дослідженнях поверхні твердого тіла. Завдання на СРС. Вторинна іонна мас-спектрометрія (ВІМС) – сучасний і найпоширеніший метод досліджень поверхні та приповерхневих шарів твердого тіла. Основна література: [4] – с. 2-6.
2.	Вакуум: загальні питання та обладнання для його отримання. Отримання робочого режиму високовакуумного насосу. Мета роботи: ознайомлення з вакуумною системою мас-спектрометру вторинних іонів MS-7201M, основними вузлами обладнання, опанування методики для отримання і вимірювання вакууму, набуття практичного досвіду підготовки мас-спектрометру MS-7201M до роботи та визначення основних параметрів. Завдання на СРС: Що таке вакуум. Технічний, високий і надвисокий вакуум. Типи вакуумних насосів. Основна література: [4] – с. 6-12. https://drive.google.com/file/d/1JrOX5kkVlfWgjFRkcMrf41whXvKQ7pD-/view
3	Структурна схема іонного джерела мас-спектрометру вторинних іонів MS-7201M. Отримання пучка первинних іонів Мета роботи – ознайомитися з основними вузлами іонного джерела мас-спектрометру вторинних іонів MS 7201M та принципом їх дії, набуття практичного досвіду увімкнення та вимкнення апаратів та отримання пучка первинних іонів. Завдання на СРС: Іони, йонні пучки. Спостереження Е. Гольдштейна. Вимоги до йонних джерел, основні типи джерел іонів. Дуоплазматрон. Основна література: [4] – с. 13-30.
4	Структурна схема вузлів для реєстрації вторинних іонів мас-спектрометру MS-7201M. Отримання мас-спектру вторинних іонів. Мета роботи – ознайомлення з конструкцією, структурною схемою вузлів та принципом дії мас-спектрометру вторинних іонів MS 7201M, опанування методики для отримання, керування розгорткою мас-спектру і запису даних на комп'ютер та набуття практичного досвіду розшифрування мас-спектру. Завдання на СРС: Схеми аналітичної колони мас-спектрометру, енергоаналізатору та імерсійного об'єктиву. Основна література: [4] – с. 31-48. https://imz.kpi.ua/uk/16-laboratoriya-masspektrometriji.html
5	Йонно-плазмові технології модифікації поверхні.

	<p>Мета роботи – ознайомлення з конструкцією, структурною схемою вузлів та принципом дії установки для йонно-плазмової обробки металевих поверхонь.</p> <p>Завдання на СРС: Прилади для вимірювання вакууму.</p> <p>Основна література: [3] – с. 29-37.</p>
6	<p>Електронно-променеві технології.</p> <p>Мета роботи – ознайомлення з конструкцією, структурною схемою вузлів та принципом дії установки СВ – 112 для електронно-променевого зварювання деталей різної форми зі сталі, нікелевих сплавів і сплавів з титану та алюмінію.</p> <p>Завдання на СРС: Основи технології електронно-променевого зварювання.</p> <p>https://imz.kpi.ua/uk/9-tsentr-elektronno-promenevikh-tekhnologij.html</p>
7	<p>Технології іскро-плазмового спікання.</p> <p>Мета роботи – Ознайомлення з принципом дії SPS-установки типу KCE®-FCT HP D 25-SD.</p> <p>Завдання на СРС: Основи технології іскро-плазмового (електророзрядного) спікання.</p> <p>https://imz.kpi.ua/uk/10-laboratoriya-iskro-plazmovogo-spikannya.html</p> <p>https://www.youtube.com/watch?v=UlmUYkG_wW4</p>
8	<p>Низькоенергетичні йонні гармати.</p> <p>Мета: ознайомлення з конструкцією, структурною схемою вузлів та принципом дії низькоенергетичної гармати Omegatron OMI-0010 2 keV. Опромінення зразків.</p> <p>Завдання на СРС: Високоенергетичне і низькоенергетичне йонне опромінення – області застосування.</p> <p>Основна література: [5] – с. 41-45. [7] – с. 30-35.</p>
9	<p>Електронно-променеві випаровувачі.</p> <p>Мета: ознайомлення з конструкцією, структурною схемою вузлів та принципом дії електронно-променевого випаровувача Oxford Applied Research Mini e-Beam Evaporator EGN4.</p> <p>Завдання на СРС: Поглинання електронів речовиною.</p> <p>Основна література: [5] – с. 5-34. [20] – с. 258-265.</p>

6. Самостійна робота

Вид самостійної роботи студента	Кількість робіт	Норма часу на роботу, год.	Термін часу, год.
Засвоєння додаткових питань до лекцій	17	1	17
Підготовка до лабораторних робіт та опрацювання результатів	9	4	36
Підготовка до МКР	1	7	7
Підготовка до заліку	1	6	6
		Всього	66

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Пропущене лекційне заняття необхідно продивитись за допомогою запису ZOOM, законспектувати основні положення, використовуючи матеріали розміщені викладачем в Google Classroom (за посиланням <https://classroom.google.com/c/NTI1OTU2ODE2NTc0?cjc=6szo5qn>).
- Лабораторні роботи проводяться у навчальних лабораторіях. У разі пропуску лабораторної роботи необхідно попередити викладача і дізнатись про шляхи відпрацювання. У разі дистанційного навчання, студент повинен забезпечити себе

персональним комп'ютером з доступом до інтернету для виконання віртуальної лабораторної роботи.

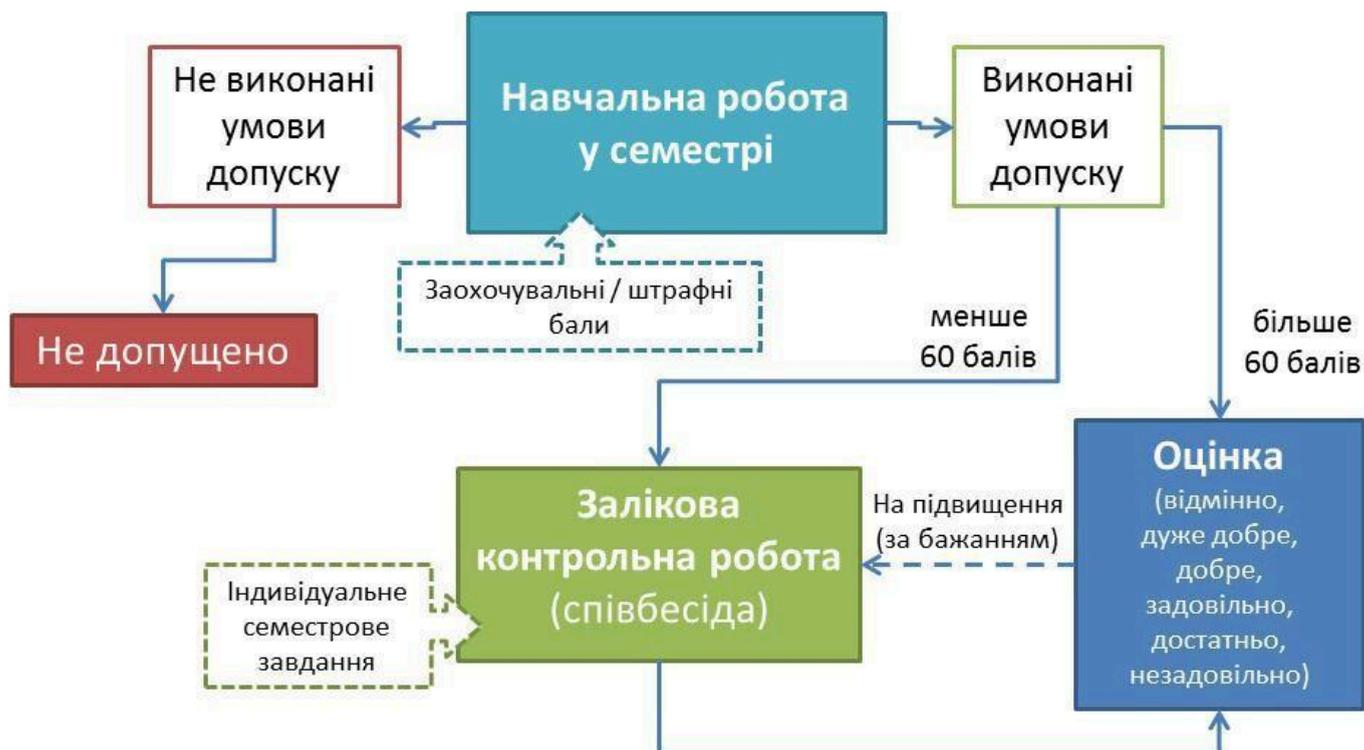
3. У разі спізнення на пару, студенту необхідно, не заважаючи іншим, зайти в клас, зайняти своє місце. Користуватись мобільним телефоном можна тільки з дозволу викладача. Звук мобільного телефона повинен бути вимкнений. У разі важливих вхідних дзвінків необхідно спитати дозволу викладача, вийти в коридор і провести розмову там.

4. Користуватися мобільними телефонами під час залікової роботи не дозволяється.

5. До заліку допускаються студенти, які виконали усі лабораторні роботи та здали модульну контрольну роботу.

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

Оцінювання результатів навчання відбувається за схемою:



Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: виконання лабораторних робіт, МКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів на 1	Максимальна кількість балів
Виконання лабораторних робіт	9	7	63
МКР	1	37	37
Всього			100

Оцінювання виконання лабораторних робіт:

Критерії	Бали
до виконаного завдання немає зауважень, дані правильні відповіді під час перевірки	4
є не принципові зауваження до виконаного завдання та/або дані відповіді з помилками під час перевірки	3

є принципові зауваження до виконаного завдання та/або не дані відповіді (дані неправильні) під час перевірки	робота не здана
несвоєчасний захист роботи	-1

МКР поділена на 2 частини та відбувається у вигляді проходження тестів. Кожна частина МКР складається з 18 питань. За кожну правильну відповідь студент отримує один бал. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 11, то ця частина МКР вважається не зданою, при цьому бали не нараховуються. Максимально можлива оцінка за одну частину МКР складає 18 балів. За всі 2 частини – 36 балів. Один бал додається, якщо всі роботи були здані своєчасно.

Умовою допуску до заліку є виконання всіх лабораторних робіт, здані 2 частини МКР. Семестровий рейтинг можна підвищити за рахунок заохочувальних балів (максимум на 10) шляхом виконання додаткових індивідуальних завдань (видає викладач).

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань.

Зі студентами, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку менше 60 балів, а також з тими, хто бажає підвищити свою рейтингову оцінку, на останньому за розкладом занятті з дисципліни в семестрі викладач проводить семестровий контроль у вигляді залікової контрольної роботи або співбесіди.

Після виконання залікової контрольної роботи, якщо оцінка за залікову контрольну роботу більша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи. Якщо оцінка за залікову контрольну роботу менша ніж за рейтингом, застосовується «жорстка» РСО – попередній рейтинг здобувача скасовується і він отримує оцінку з урахуванням результатів залікової контрольної роботи.

Залікова контрольна робота проводиться у вигляді тестування. Слухачу надається 50 тестових завдань. За кожну правильну відповідь студент отримує два бали. Якщо сумарна кількість правильних відповідей менше 30, то залік вважається не зданим (незадовільно). Для перескладання заліку є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали переводять в університетські оцінки за шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В освітньому компоненті “Радіаційне матеріалознавство та еліонні технології” передбачено 2 частини модульної контрольної роботи. Самостійна робота студента (СРС) розподілена рівномірно протягом семестру.

Всі питання, винесені для самостійного опанування, студенти мають оформлювати у вигляді стислого конспекту. Конспект перевіряється під час модульної контрольної роботи.

Для покращення сприйняття матеріалу під час аудиторних занять демонструється максимальна кількість наочних прикладів використання йонних та електронних технологій з наголосом на авіаційну промисловість, а також результати сучасних експериментальних досліджень опромінених матеріалів у вигляді презентацій.

Засоби змішаного навчання. Упродовж вивчення даної дисципліни студенти повинні самостійно пройти комп’ютерне тестування для перевірки своїх знань в процесі підготовки до модульної контрольної роботи. При вивченні даної дисципліни використовуються

навчальні посібники, підручники, монографії, наукові публікації, які розміщені в classroom.google за посиланням <https://classroom.google.com/c/MjYxNDc0NjY4OTkz?cjc=6c5vrwb>. Такий підхід забезпечує можливість віддаленого доступу, тобто з навчальних аудиторій, гуртожитка, за межами Києва тощо.

Спілкування з викладачем через Telegram та Viber, електронною поштою.

Перелік запитань до контрольних робіт та семестрового контролю наведено в Додатку.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено д.ф.-м.н. професор, Волошко С.М.

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № __ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № __ від _____)

ДОДАТОК

Загальний перелік питань для контрольної та залікової робіт з курсу “Радіаційне матеріалознавство та еліонні технології”

Контрольна робота 1 (до Розділу 1. Основи радіаційного матеріалознавства: метали та сплави).

1. Радіаційні матеріали в аерокосмічних технологіях.
2. Як за допомогою еліонних технологій покращувати властивості матеріалів аерокосмічного призначення?
3. Завдання радіаційного матеріалознавства, як науки.
4. Загальна характеристика конструкційних матеріалів ядерних реакторів.
5. Радіаційно-індукована деградація механічних властивостей.
6. Зміни структури та властивостей металів під час потужних імпульсних впливів.

7. Енергетика взаємодії йонів з атомами твердого тіла.
8. Енергія йонного опромінення та флюенс, пробіг йонів, розподіл втілених йонів.
9. Високоенергетичне та низькоенергетичне йонне опромінення. Гальмівна здатність речовини.
10. Вплив опромінення на фазові перетворення.
11. Зміна фізичних властивостей металів під час опромінення.
12. Структурні дефекти у твердому тілі після йонного впливу. Первинні та вторинні дефекти, порушення упорядкування ґратки.
13. Пари Френкеля, дивакансії, тривакансії, кластери, вакансійні та міжвузлові комплекси. Інтерпретація результатів досліджень дефектної структури матеріалів після радіаційного опромінення.
14. Термодинаміка формування точкових дефектів. Вплив точкових дефектів на властивості металів.
15. Зміни властивостей металів при утворенні дислокацій.
16. Взаємодія точкових та лінійних дефектів.
17. Блістерінг на поверхні матеріалів під час опромінення йонними пучками.
18. Шляхи боротьби з блістерінгом, вибір оптимальних матеріалів.
19. Що таке сонячний вітер? Повільний та швидкий сонячний вітер. Явища, які його супроводжують.
20. Ефекти дальності під час йонного опромінення, акустичні хвилі, внутрішній фотоэффект і зародження гиперзвукових хвиль.
21. Зміни мікротвердості залежно від дози опромінення: «дальнобійні» йони.
22. Особливості дифузії під дією йонного опромінення.
23. Основні моделі йонного перемішування. Дифузія точкових дефектів.
24. Методи дослідження модифікованих матеріалів: рентгенофазовий аналіз, мессбуерівська спектроскопія.
25. Ядерно-фізичні методи дослідження.
26. Резерфордівське зворотне розсіювання.
27. Метод ядерних реакцій.
28. Метод анігіляції повільних позитронів.
29. Методи механічних випробувань.
30. Мас-спектрометрія вторинних йонів.

Контрольна робота 2 (до Розділу 2 Еліонні технології модифікації матеріалів)

1. Легування нанорозмірних гетероструктур атомами віддачі та прискореними йонами. Приповерхнева імплантація.
2. Фазоутворення в процесі імплантації.
3. Практичне застосування йонної імплантації.
4. Вплив легування на процеси зміцнення.
5. Зміна структури та властивостей при поверхневому легуванні.
6. Йонна стимуляція у процесах формування тонких металевих плівок.
7. Зародкоутворення за умов йонного опромінення. Роль точкових дефектів.
8. Ефект радіаційної тряски. Йонна стимуляція на поверхні металів та діелектриків.
9. Підвищення рівня корозійної стійкості металевої поверхні низькоенергетичним йонним опроміненням.
10. Вплив йонів гелію та аргону на корозійну стійкість залізобуглецевих сплавів.
11. Підвищення біокорозійної стійкості металевих плівок автійонним бомбардуванням.
12. Фізико-хімічні процеси на поверхні металів за участі мікроскопічних грибів.
13. Ефекти пасивації поверхні і зменшення кількості адгезованих бактерій стафілокока в результаті бомбардування йонами Ar^+ .
14. Пасивація поверхні тонких металевих плівок йонним опроміненням.
15. Модифікація властивостей металів за допомогою імпульсних плазмових струменів.
16. Взаємодія плазми з металевою поверхнею.

17. Процеси легування та масопереносу під час йонно-плазмового впливу. Рекомбінація.
18. Зміна топографії поверхні матеріалів після йонно-плазмового впливу.
19. Проблема кульової блискавки.
20. Сутність електронно-променевої технології.
21. Базові пристрої для електронно-променевої обробки.
22. Фізичні основи взаємодії прискорених електронів із речовинами.
23. Теплові ефекти під час електронно-променевої обробки.
24. Структурні та фазові перетворення у зоні теплового впливу електронних пучків.
25. Базові технологічні процеси електронно-променевої обробки в електронній техніці.
26. Електронно-променева літографія.
27. Морфологія поверхні та її взаємозв'язок з властивостями металів після впливу пучків заряджених частинок.
28. Принципи пошарового виготовлення металевих виробів електронно-променевим 3D - друком.
29. Особливості формування структури та фазового складу, механічні властивості матеріалів, отриманих 3D - друком.
30. Застосування готових виробів, отриманих 3D - друком, у авіабудуванні.

Питання до залікової роботи складаються з питань до контрольних робіт.