

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
НАУКОВИЙ ЦЕНТР
«ХАРКІВСЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Генеральний директор

« 30 »  Микола ШУЛЬГА 2022 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

Дифузійні та корозійні процеси у твердому тілі
(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти

Доктор філософії

галузь знань

10 Природничі науки

спеціальність

104 фізика та астрономія

освітня програма

освітньо-професійна програма «Фізика та астрономія»

спеціалізація

вид дисципліни

обов'язкова професійна підготовка

Інститут фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій
ІНЦ ХФТІ

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження
Науково-технічною радою ННЦ ХФТІ

Від “ 29 ” 11 2022 року, протокол № 6

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: (вказати авторів, їхні наукові ступені, вчені звання та посади)

Стоєв Петро Ілліч, д.ф.-м.н., професор, провідний науковий співробітник

Програму схвалено на засіданні Науково-технічної ради Інституту фізики твердого тіла, матеріалознавства та технологій

від “ 17 ” 10. 2022 року, протокол № 1

Директора Інституту ФТТМТ ННЦ «Харківський фізико-технічний інститут»

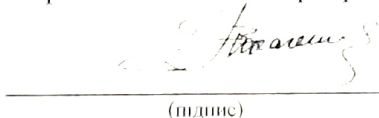

(підпис)

Микола АЗАРЕНКОВ
(прізвище та ініціали)

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми
«Фізика та астрономія»

назва освітньої програми

Гарант освітньо-професійної програми «Фізика та астрономія»


(підпис)

Віктор ТКАЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Дифузійні та корозійні процеси у твердому тілі» є частиною професійної підготовки аспірантів за вибором ННЦ ХФТІ за напрямом 10 Природничі науки, за спеціальністю – 104 фізика і астрономія, яка викладається протягом другого року навчання.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є підготовка фахівців із напрямку 01.04.07 «Фізика твердого тіла» по вивченню основ процесів дифузії та корозії у твердих тілах.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни «Дифузійні та корозійні процеси у твердому тілі». Дифузійні і корозійні процеси мають винятково велике значення для техніки отримання, обробки і тривалої експлуатації металів і сплавів.

Розуміння взаємозв'язку змін у структурі металів з їх фізичними і механічними параметрами дає можливість створювати матеріали з високими фізико-механічними властивостями. Оскільки велика частина структурних змін відбувається у результаті дифузійних процесів, глибоке розуміння фазових перетворень, гомогенізації, сфероїдизації і т.д. неможлива без знання дифузії. Знання дифузії істотно для розуміння змін, що відбуваються у твердих тілах при високих температурах. Процеси дифузії багато у чому визначають кінетику процесу виділення, окислення, повзучості, відпалу і т.д.

Продовження терміну служби і підвищення стійкості металевих матеріалів до процесів корозійного можна вирішити тільки на основі вивчення і розуміння основних закономірностей корозійного процесу.

Тому головним завданням вивчення дисципліни є формування у аспірантів знань про процеси дифузії та корозії у твердих тілах, їх залежності від структури; отримання навиків застосування науково-технічних знань на практиці; підготовка фахівців із сучасної фізики, спроможних розв'язувати різноманітні задачі, пов'язані з вирішенням важливої науково-технічної проблеми зі створення матеріалів із керованим рівнем властивостей.

1.2.1. Формування інтегральних компетентностей

Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми науково-дослідницької та/або розробницької, та/або інноваційної діяльності у сфері фізики, застосовувати методологію науково-дослідницької та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

1.2.2. Формування наступних загальних компетентностей

ЗК01. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК02. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Здатність розв'язувати комплексні наукові проблеми на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням професійної етики та академічної доброчесності.

1.2.3. Формування наступних спеціальних (фахових) компетентностей:

СК01. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері фізики, інтегрувати знання з різних галузей, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК04. Здатність організовувати та здійснювати науково-педагогічну діяльність у сфері матеріалознавства модифікованої поверхні.

СК06. Здатність застосовувати сучасні методи, методики, технології, інструменти та обладнання для проведення прикладних та фундаментальних наукових досліджень у галузі матеріалознавства модифікованої поверхні.

СК15. Компетентність у сфері дифузійних та корозійних процесів у твердому тілі.

СК16. Компетентність у сфері матеріалознавства модифікованої поверхні.

1.3. Кількість кредитів - 4

1.4. Загальна кількість годин - 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни:

Опис навчальної дисципліни «Методи квантової теорії поля у фізиці частинок»

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень	
Галузь знань	10 – Природничі науки
напрямок підготовки	104 – фізика та астрономія
Спеціальність	104 – фізика та астрономія
освітньо-кваліфікаційний рівень	Доктор філософії
Мова навчання	Українська
Характеристика навчальної дисципліни	
Вид	Вибір ННЦ ХФТІ
Загальна кількість годин	120
Кількість кредитів ECTS	4
Кількість змістових модулів	2
Форма контролю	іспит
Показники навчальної дисципліни	
Рік підготовки	II
Лекційні заняття	32

Практичні заняття	16
Самостійна робота	70
Консультації	2

1.6. Заплановані результати навчання:

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі повинні:

РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з фізики та астрономії матеріалознавства модифікованої поверхні та дотичних до них міждисциплінарних напрямів, а також необхідні навички, достатні для проведення фундаментальних і прикладних наукових досліджень з метою отримання нових знань та/або здійснення розробок та інновацій.

РН02. Аналізувати та оцінювати стан і перспективи розвитку матеріалознавства модифікованої поверхні, а також дотичних міждисциплінарних напрямів.

РН03. Вільно презентувати та обговорювати державною мовою, а також англійською мовою чи одною з офіційних мов Європейського Союзу, результати наукових досліджень, фундаментальні та прикладні проблеми матеріалознавства модифікованої поверхні, публікувати результати наукових досліджень у наукових виданнях, що індексуються у базах Scopus та WoS Core Collection.

РН04. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичних і експериментальних досліджень, математичного моделювання, комп'ютерного експерименту, а також наявні літературні дані.

РН05. Розробляти моделі процесів і систем у матеріалознавстві модифікованої поверхні та дотичних міждисциплінарних напрямках, використовувати їх у науково-дослідницькій діяльності для отримання нових знань та/або створення розробок та інноваційних продуктів.

РН06. Планувати і виконувати прикладні та/або фундаментальні дослідження з матеріалознавства модифікованої поверхні та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних методів, методик, технологій, інструментів та обладнання, з дотриманням норм академічної етики, критично аналізувати результати наукових досліджень у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; готувати проектні пропозиції щодо фінансування наукових досліджень та/або розробницьких і інноваційних проектів.

РН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми матеріалознавства модифікованої поверхні з врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів; управляти науковими проектами.

РН08. Глибоко розуміти загальні принципи та методи природничих наук, а також методологію наукових досліджень, місце фізики в системі

наукових знань як методологічної основи природничих, інженерних наук та технологій; застосувати їх у власних дослідженнях у сфері матеріалознавства модифікованої поверхні та у викладацькій діяльності.

РН10. Уміти планувати, організовувати і проводити різні види навчальних занять із фізичних та астрономічних навчальних дисциплін у закладах вищої освіти.

РН16. Знати загальні уявлення про явище дифузії, про коефіцієнт дифузії, про рівняння дифузії Фіка, про основи атомної теорії дифузії, про дифузію у полі градієнту концентрацій, про дифузію у неметалах, про шляхи прискореної дифузії, загальні уявлення про класифікацію корозійних процесів, про будову твердих тіл, основні дані про електроліти, про гідратацію, про адсорбцію окислювача на металах, про закони росту плівок, про механізми хімічного та електрохімічного окислення металів, про вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на динаміку корозійних процесів, про різні методи захисту матеріалів від корозійного руйнування. Уміти застосовувати здобуті знання для одержання, аналізу та пояснення здобутих експериментальних даних, визначати параметри термо-механічних обробок для формування потрібного рівня властивостей матеріалу, вибирати найбільш ефективні методи захисту матеріалу від корозійного руйнування та ін.

Аспіранти мають досягти таких результатів навчання:

Знати: сучасний стан фізики та методів формування структури з допомогою процесів дифузії для отримання необхідних властивостей матеріалів, залежність фізичних властивостей матеріалів від їх структури, експериментальні методи вивчення властивостей матеріалів, методи аналізу дефектної структури матеріалів, вплив різних факторів на швидкість корозійних процесів, методи захисту металів від хімічної та електрохімічної корозії.

У результаті вивчення дисципліни аспірант повинен

Вміти: застосовувати отримані знання на практиці, орієнтуватися в порівняльному аналізі застосування матеріалів у різних умовах експлуатації.

Формулювати мету власного наукового дослідження в контексті світового наукового процесу, усвідомлювати його актуальність і значення для розвитку сучасної теорії елементарних частинок і Стандартної моделі, інших галузей науки, загального розвитку суспільства; застосовувати здобуті знання для аналізу, пояснення та опису різноманітних фізичних процесів.

Вміти самостійно опановувати та використовувати літературу з по впливу дифузійних і корозійних процесів на фізико-механічні властивості металевих матеріалів; вміти написати статтю до журналу та доповідь на конференцію за результатами досліджень.

Контроль знань аспіранта здійснюється за модульно-рейтинговою системою. Змістовий модуль 1 включає теми 1–8, змістовий модуль 2 – теми 9–16.

2. ЗМІСТ ТА СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1. Дифузійні процеси у твердому тілі

Тема 1. Рівняння дифузії. (2 год.)

Перший закон Фіка. Другий закон Фіка. Рішення другого закону Фіка (з постійним коефіцієнтом дифузії D). Рішення для змінного значення коефіцієнта дифузії D .

Тема 2. Методи дослідження дифузії. (2 год.)

Металографічні. Фізичні. Радіоактивно ізотопні. Релаксаційні. Порівняння методів дослідження дифузії металів.

Тема 3. Атомна теорія дифузії. (2 год.)

Випадкові переміщення і коефіцієнт дифузії. Проблема випадкових блукань. Закон Смолуховського-Ейнштейна. Обчислення коефіцієнта дифузії D .

Тема 4. Механізми дифузії. (2 год.)

Обмін містами. Міжвузельний механізм. Дифузія по міжвузлях шляхом витіснення. Механізм накопичення. Кільцевий механізм. Вакансійний механізм.

Тема 5. Дифузія в поле градієнта концентрацій. (2 год.)

Залежність коефіцієнта дифузії від концентрації. Рішення рівняння дифузії зі змінним коефіцієнтом дифузії Метод Матано.

Тема 6. Ефект Кіркендалла (2 год.)

Ефект Кіркендалла. Аналіз Даркена.

Тема 7. Коефіцієнти дифузії. (2 год.)

Медики визначення. Фізичний зміст коефіцієнтів. Зв'язок між хімічним коефіцієнтом дифузії і коефіцієнтом самодифузії. Перевірка припущень Даркена.

Тема 8. Шляхи прискореної дифузії. (2 год.)

Аналіз дифузії по границях зерен. Результати експериментального вивчення дифузії по границях зерен. Вплив дислокацій. Дифузія під дією поверхневого натягу.

Модуль 2. Корозійні процеси у твердому тілі

Тема 9. Наука про корозію металів. (2 год.)

Визначення корозії металів. економічна оцінка втрат від корозії. Термодинаміка і кінетика корозійних процесів. Класифікація корозійних процесів. Основні дані про будову твердих тіл.

Тема 10. Хімічна корозія металів. (2 год.)

Термодинаміка хімічної корозії. Окислення металів при високих температур. Поняття про захисну плівку. Показники хімічної корозії.

Тема 11. Плівка на металах. (2 год.)

Адсорбція. Умови суцільності плівок на металі. Лінійний, параболічний, логарифмічний закони зростання плівок.

Тема 12. Руїнування плівок. (2 год.)

Механічне руйнування окисних плівок в процесі їх росту.

Тема 13. Вплив зовнішніх факторів на корозію металів. (2 год.)

Вплив температури; складу газового середовища; тиску газів; швидкості руху газового середовища; режиму нагріву; складу сплаву.

Тема 14. Вплив внутрішніх факторів на корозію металів.

Вплив структури металу; деформації металу і характеру обробки поверхні металу.

Тема 15. Методи захисту металів від корозії. (2 год.)

Теорія жаростійкого легування. Захисні покриття. Металеві покриття. Неметалеві покриття. Захисні атмосфери.

Тема 16. Діагностика корозії. (2 год.)

Оцінка корозійної стійкості металів. Математичне моделювання корозії. Прогнозування корозії з застосуванням ЕОМ.

3. Структура навчальної дисципліни

Назва лекції			
	Лекції	Практичні/семінарські заняття	Самостійна робота
Змістовний модуль 1. Дифузійні процеси у твердому тілі.			
Тема 1. Рівняння дифузії	2		4
Тема 2. Методи дослідження дифузії	2	2	4
Тема 3. Атомна теорія дифузії	2		4
Тема 4. Механізми дифузії	2	2	5
Тема 5. Дифузія в поле градієнта концентрацій	2		4
Тема 6. Ефект Киркіндала	2	2	4
Тема 7. Коефіцієнти дифузії	2		4
Тема 8. Шляхи прискореної дифузії	2	2	5
Разом за змістовний модуль 1	16	8	34
Змістовний модуль 2. Корозійні процеси у твердому тілі			
Тема 9. Наука про корозію металів		2	4
Тема 10. Хімічна корозія металів	2		5
Тема 11. Плівка на металах	2	2	4
Тема 12. Руйнування плівок	2		5
Тема 13. Вплив зовнішніх факторів на корозію металів	2	2	4

Тема 14. Вплив внутрішніх факторів на корозію металів	2		5
Тема 15. Методи захисту металів від корозії	2	2	4
Тема 16. Діагностика корозії	2		5
Разом за змістовний модуль 2	16	8	36
Всього	32	16	70

Загальний обсяг: 120 год., зокрема: лекцій – 32 год.; практичних/семінарів – 16 год., самостійної роботи – 70 год., консультацій – 2 год.

4. Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Рівняння дифузії.	
2	Методи дослідження дифузії.	2
3	Атомна теорія дифузії.	
4	Механізми дифузії.	2
5	Дифузія в поле градієнта концентрацій.	
6	Ефект Кіркендалла.	2
7	Коефіцієнти дифузії.	
8	Шляхи прискореної дифузії.	2
9	Наука про корозію металів.	
10	Хімічна корозія металів.	2
11	Плівка на металах.	
12	Руйнування плівок.	2
13	Вплив зовнішніх факторів на корозію металів.	
14	Вплив внутрішніх факторів на корозію металів.	2
15	Методи захисту металів від корозії.	
16	Діагностика корозії.	2
	Всього	16

5. Завдання для лабораторної роботи

№ з/п	Види, зміст лабораторної роботи	Кількість Годин
1	Провести термічну обробку зразків сплаву на повітрі при температурах 400 і 550°C та знайти збільшення ваги зразка (превіс) за рахунок корозійного процесу	2

6. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Рівняння дифузії <i>ознайомитись із законами перенесення для газів</i>	4
2	Методи дослідження дифузії <i>ознайомитись більш детально з методиками вивчення дифузії за допомогою металографічного та хімічного аналізу та методами зняття шарів (звертати увагу на експериментальні складності цих методів)</i>	4
3	Атомна теорія дифузії <i>докладніше проаналізувати броунівський рух мікрочастинок та траєкторію їх хаотичного руху</i>	4
4	Механізми дифузії <i>більш детально ознайомиться з кільцевими обмінними та вакансійними механізмами руху атомів у твердому тілі</i>	5
5	Дифузія в поле градієнта концентрацій <i>більш детально ознайомиться з експериментами, які показали залежність коефіцієнта дифузії від концентрації</i>	4
6	Ефект Кіркендалла <i>самостійно провести досить складні математичні перетворення при виведенні більшості формул дифузійних процесів та аналітичного опису ефектів</i>	4
7	Коефіцієнти дифузії <i>проаналізувати існування великої кількості різних коефіцієнтів дифузії (особливо при взаємній дифузії) та зрозуміти їх фізичний зміст</i>	4
8	Шляхи прискореної дифузії <i>самостійно провести досить складні математичні перетворення при виведенні більшості формул дифузійних процесів та аналітичного опису ефектів</i>	5
9	Наука про корозію металів <i>Ознайомитись з етапами розвитку науки про корозію металів</i>	4
10	Хімічна корозія металів <i>Ознайомитись докладніше з термодинамікою процесу хімічної корозії металів та поняттям ізобарно-ізотермічного потенціалу</i>	5
11	Плівка на металах <i>самостійно розглянути етапи взаємодії окислювача з поверхнею чистого металу, проаналізувати ізобари,</i>	4

	<i>ізостери та ізотерми адсорбції окислювача</i>	
12	Руйнування плівок <i>детально проаналізувати схему утворення окисної плівки на початковій стадії корозії</i>	5
13	Вплив зовнішніх факторів на корозію металів <i>знайти та детально проаналізувати вплив зовнішніх факторів на швидкість корозії цирконію та його сплавів</i>	4
14	Вплив внутрішніх факторів на корозію металів <i>знайти та детально проаналізувати вплив внутрішніх факторів на швидкість корозії цирконію та його сплавів</i>	5
15	Методи захисту металів від корозії <i>познайомитися з сучасними методами нанесення різних покриттів на метал для захисту матеріалу від корозії</i>	4
16	Діагностика корозії <i>познайомитись із сучасними методами прогнозування результатів процесу корозії з використанням EOM</i>	5
	Всього	70

7. Індивідуальні завдання

Не передбачені.

Запитання для самоперевірки

1. Назвіть процеси перенесення і дайте рівняння цих процесів.
2. Назвіть особливості процесу дифузії в газах, рідинах та твердих тілах.
3. Наведіть обставини, які визначають необхідність вивчення процесу дифузії у металевих матеріалах.
4. Якій фізичний сенс 1-го закону Фіка.
5. Чому рівняння 1 закону Фіка непридатне для експериментального визначення коефіцієнтів дифузії?
6. Якій фізичний сенс 2 закон Фіка. Особливості розв'язання другого рівняння дифузії з різними початковими та граничними умовами.
7. Причини та особливості застосування методу інтеграла помилок для вирішення 2 рівняння Фіка.
8. Наведіть алгоритм розв'язання в залежності від умов завдання.
9. Назвіть методи дослідження дифузії та їх класифікацію.
10. Назвіть особливості металографічного та хімічного методу
11. Назвіть особливості релаксаційного методу дослідження.
12. Наведіть порівняні числові значення точності визначення параметрів процесу дифузії різними методами.
13. Види руйнування конструкційних матеріалів.
14. Що таке корозія?
15. В чому полягає значення корозійних досліджень?
16. Гомогенні та гетерогенні об'єкти та процеси. Яким процесом є корозія?

17. Наведіть приклади практичної боротьби з корозією.
18. Які економічні втрати від корозії?
19. У чому полягають термодинамічні причини корозії?
20. Як можна класифікувати корозійні процеси?
21. Наведіть визначення хімічної та електрохімічної корозії.
22. Охарактеризуйте основні види корозії.
23. Як можна класифікувати процес корозії за видом руйнування?
24. Які типи кристалічних краток вам відомі?
25. Які дефекти кристалічних матеріалів ви знаєте? Як їх можна класифікувати?
26. Дайте визначення процесу електролітичній дисоціації.
27. Що таке гідратація та pH?

Запитання до екзамену

1. Що таке ізотопна та взаємна дифузія. Чим визначається відмінність (у фізичному змісті) коефіцієнтів у цих дифузій?
2. Що таке «проблема випадкового блукання»?
3. Який основний параметр намагаються визначити при випадковому блуканні?
4. Дифузія, як проблема випадкових блукань.
5. Фізичний сенс рівняння Ейнштейна – Смолуховського?
6. Як розуміти Ефект Френкеля?
7. Як розуміти Ефект Кіркендалла?
8. Поясніть схему експерименту, яку застосовував Кіркендалл.
9. Аналіз Даркена процесу дифузії у сплавах, які слідують з дослідів Смегільського і Кіркендалла.
10. Які є механізми процесу дифузії?
11. Що таке міжвузельний механізм?
12. Що таке механізм витіснення?
13. Що таке механізм накопичення?
14. Що таке кільцевий механізм?
15. Що таке вакансійний механізм?
16. Які наслідки дає залежність коефіцієнту дифузії від концентрації?
17. Для чого використовується метод Матано?
18. Коли використовують при визначенні коефіцієнтів дифузії метод Груб'є?
19. Коли використовують при визначенні коефіцієнтів дифузії метод Хелла?
20. Коли використовують при визначенні коефіцієнтів дифузії метод Любова та Максимова?
21. Назвіть умови, при яких більшу точність визначення коефіцієнтів дифузії дають існуючі методи?
22. Що таке хімічна і газова корозія?
23. Назвіть основні види хімічної корозії.
24. Що таке жароміцність та жаростійкість?

25. Якою термодинамічною функцією характеризується вірогідність переходу металів до іонного стану?
26. Перелічите основні стадії газової корозії металів.
27. Якими показниками характеризують хімічну корозію?
28. Який процес називається адсорбцією?
29. Якими кінетичними законами можна описати зростання плівок на металах?
30. Наведіть приклади металів, що окислюються за різними законами.
31. Як впливають технологічні параметри (температура, тиск, газ) на корозійну стійкість металів?
32. Назвіть фактори, що впливають на цілісність плівок.
33. Назвіть види руйнувань окалини на металах.
34. Що таке дифузія?
35. В чому полягає сутність дослідів К. Вагнера?
36. Що впливає на напрям дифузії в плівці?
37. Де відбувається зростання оксидної плівки?
38. Які методи застосовують для захисту від корозії?
39. Які властивості повинен мати легуючий елемент за теорію Вагнера-Хаффе?
40. Які властивості повинен мати легуючий елемент за теорію Смирнова-Томашова?
41. Яку роль відіграють легуючі елементи за теорією Архарова?
42. Назвіть прийняті принципи класифікації захисних покриттів.
43. Що таке металізація?
44. Опишіть різні варіанти плакування.
45. Що таке термічна та хіміко-термічна обробка? Для чого застосовують ця технологія?

8. Методи контролю

Поточний контроль проводиться у вигляді експрес-контролю та на основі оцінювання практичних робіт здобувачів під час проведення занять, а також самостійних робіт. Підсумковий контроль проводиться у вигляді екзамену.

9. Схема нарахування балів

Матеріал курсу «Дифузійні та корозійні процеси у твердому тілі» згідно навчальної програми містить 16 тем. Темі розподілені по модулях відповідно: I модуль – 8 тем (від 1 до 8), II модуль – 8 тем (від 9 до 16). Оцінка роботи здобувачів проводиться за модульно-рейтинговою системою і включає такі види роботи над курсом: практичні роботи, засвоєння теоретичного матеріалу та самостійні роботи.

Теми за курсом			Разом
Модуль 1	Модуль 2	Екзамен	100
T1-T8	T9 - T16		
30	30		

T1, T2 ..T16. – теми розділів.

Оцінка за модуль складається з оцінки за практикум, поточний контроль засвоєння теоретичного матеріалу та виконання самостійних робіт. За ці види робіт здобувач може набрати 60 балів.

Здобувачі пишуть відповідно до кожного модуля письмові контрольні роботи, кожна з яких оцінюється максимум 10-ма балами. Решта 20 балів – це середня оцінка поточного контролю за відповідними темами, колоквиуми (усні), самостійні письмові роботи і т. ін.

Для допуску до підсумкового семестрового контролю здобувач в сумі за два модулі має набрати не менше 30-ти балів з 60-ти можливих, тобто не менше 50% від максимально можливого.

На екзамені здобувач може одержати від 20 до 40 балів. Між 0 та 20 балами оцінка не виставляється, екзамен вважається не зданим. Бали, одержані на екзамені від 20 до 40 додаються до балів, одержаних у семестрі (30-60 балів). За цією сумою згідно таблиці шкали оцінювання виставляється підсумкова оцінка до залікової книжки.

10. Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для екзамену	для заліку
90-100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

Критерії оцінювання

питань екзаменаційного білету (контрольної роботи)

Екзаменаційний білет (контрольна робота) містить кілька завдань (теоретичні питання або задачі). Кожне завдання має свій ваговий бал (вказується у дужках біля питання) та оцінюється окремо. Сумарно за всі відповіді на екзаменаційні питання можна отримати максимально 40 балів. Сумарний бал за контрольну роботу вказується в тексті відповідної роботи.

№	Характеристика відповіді на кожне з питань екзаменаційного білету (контрольної роботи)	% від max балу за відповідь на питання
---	--	--

1	Повна та вірна відповідь на питання або у повному обсязі правильно вирішена практична задача білету	100 %
2	Повна відповідь з незначними помилками (або незначні помилки у розрахунках практичних завдань за наявності вірної розрахункової формули);	80-95 %
3	Неповна, але вірна відповідь (або значні помилки у розрахунках практичних завдань за наявності вірної розрахункової формули для розв'язання практичних завдань);	50-80 %
4	Відповідь повна, але містить грубі помилки (або вирішення практичних завдань білету містить грубі помилки, розрахункові формули для розв'язання практичних завдань містять помилки)	30-50 %
5	Неповна відповідь з суттєвими помилками	5-30 %
6	Невірна відповідь	0-5 %
7	Відсутня відповідь на теоретичне питання (або відсутнє вирішення практичних завдань білету)	0 %

11. Рекомендована література

Основна література

1. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник / П.І. Стоєв, С.В. Литовченко, І.О. Гірка, В.Т. Грицина, Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019, 216с.
2. Introduction to Corrosion Science / E. McCafferty, Springer, 2010, 583p.
3. Corrosion science and technology; Second ed. / D. Talbot, J. Talbot, Boca Raton: CRC Press, 2007, 552p.
4. Радіаційне дефектоутворення і проблеми його опису: короткий огляд існуючих теоретичних підходів / І.М. Мриглод, О.В. Пацаган. – Львів, 2003. – 26 с. (Препр. / НАН України. Ін-т фізики конденс. систем; ISMP-03-12U).
5. Єфімов О.В., Пилипенко М.М. Конструкції, матеріали, процеси і розрахунки реакторів і парогенераторів АЕС: навч. посібник – Харків: Видавництво «Підручник НТУ «ХПІ», 2010, 268с.

Допоміжна література

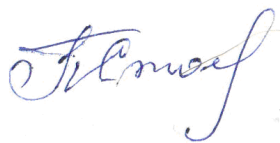
1. Корозія металів та захист від неї : конспект лекцій / укладач: С.Б. Большаніна, Суми : Сумський державний університет, 2012, 53с.
2. Пилипенко М.М. Цирконій і його сплави, Харків: ФОП Панов А.М., 2020, 348с.
3. Фізика твердого тіла / І.Ю. Проценко, Н.І. Шумакова, Ю.М. Овчаренко, Суми: СумДУ, 2002, 65с.
6. Фізика твердого тіла / В.В. Бібик, Т.М. Гричановська, Л.В. Однотворець, Н.І. Шумакова, Суми СумДУ, 2010, 200с.

7. Технологія машинобудування. Основи отримання вакуумно-дугових покриттів. Підручник / А.О. Андрєєв, В.М. Павленко, Ю.О. Сисоєв. – Харків: Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2018, 288с.

Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/corrosion>
2. <https://www.unsw.edu.au/science/our-schools/materials/engage-with-us/high-school-students-and-teachers/online-tutorials/corrosion>
3. Веб-ресурси кафедри, мережа інтернет.

Розробник програми д.ф.-м. наук
професор



Петро СТОЄВ