

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЗ
«ПІВДЕННОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ К. Д. УШИНСЬКОГО»**

**Кафедра інноваційних технологій та методики
навчання природничих дисциплін**

КІВ А. Ю.

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА
ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ
ДИСЦИПЛІНИ
«МЕХАНІЗМИ СТАРІННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ПРИЛАДІВ»**

**для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої
освіти ОНП 105 Прикладна фізика та наноматеріали**

ОДЕСА - 2024

УДК: 53:53.07:539.389.3(07)

*Затверджено вченою радою Державного закладу
«Південноукраїнський національний педагогічний університет
імені К. Д. Ушинського»
(протокол №15 від 25 квітня 2024 року)*

Рецензенти:

Брюханов А. О. - доктор технічних наук, професор кафедри і н Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського»

Ваксман Ю. Ф. - доктор фізико-математичних наук, професор кафедри фізики і астрономії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

Ків А. Ю. Методичні рекомендації до практичних занять та організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Механізми старіння матеріалів та приладів» для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали: метод. реком. Одеса, Університет Ушинського, 2024. 27 с.

Методичні рекомендації призначені для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали. Вміщують матеріал щодо специфіки дисципліни, особливостей опрацювання теоретичного курсу, літературних джерел, виконання індивідуальних і самостійних завдань, підготовки до практичних занять, містять список літератури, тощо.

ЗМІСТ

1. Опис навчальної дисципліни	4
2. Пояснювальна записка.....	5
3. Теми лекційних занять.....	8
4. Основні поняття	10
5. Методичні рекомендації до проведення практичних завдань	16
6. Завдання для самостійної роботи студентів	21
7. Індивідуальні навчально-дослідні завдання	22
8. Питання до самоконтролю	23
9. Питання до екзамену	24
10. Список використаних джерел	25

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, ОНП, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань 10 Природничі науки	Статус дисципліни: Обов'язкова	
Модулів – 1	Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання – доповідь з комп'ютерною презентацією		Семестр	
Загальна кількість годин – 90		1-й	1-й
		Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 4	Рівень вищої освіти: Третій (освітньо-науковий) Ступінь освіти: Доктор філософії (PhD)	14 год.	2 год.
		Практичні, семінарські	
		10 год.	4 год.
		Лабораторні	
		0 год.	0 год.
		Самостійна робота	
		56 год.	74 год.
		Індивідуальні завдання:	
10 год.	10 год.		
		Вид контролю: екзамен	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 27% : 73%

для заочної форми навчання – 9% : 91%

Пояснювальна записка

Мета навчальної дисципліни «Механізми старіння матеріалів та приладів»:

Дати здобувачам уявлення про сучасне розуміння процесів старіння в природі і таким чином розширити світогляд майбутніх спеціалістів у галузі природничих наук незалежно від їх спеціалізації. Показати, що процеси старіння матеріалів та приладів пов'язані з універсальними фізичними законами. На конкретних прикладах продемонструвати сучасні підходи до вивчення механізмів старіння матеріалів та приладів.

Передумови для вивчення дисципліни:

Передумовами для вивчення дисципліни «Механізми старіння матеріалів та приладів» є необхідність володіння основами елементарної математики, простішими методами вищої математики. Необхідні знання основних законів фізики (в рамках загальної фізики). А також знання загальновідомих положень біології та хімії.

Очікувані програмні результати навчання:

ПРН 03. Застосовувати форми і закони абстрактно-логічного мислення, норми критичного підходу, форми і методи аналізу й синтезу.

ПРН 04. Ідентифікувати наукові та практичні проблеми, готувати наукові тексти та доповіді, здійснювати публічну апробацію результатів досліджень як державною, так і іноземною мовами, демонструвати вміння усної та писемної комунікації.

ПРН 07. Застосовувати інформаційні технології, створювати презентації та ефективно використовувати мультимедійні технології для виконання наукових та освітніх завдань.

ПРН 08. Володіти аналітичним мисленням та методиками систематизації інформації обробки великих масивів даних, складання короткострокового й довгострокового прогнозу розвитку ситуації на підставі отриманих даних.

ПРН 10. Визначати проблеми і шляхи їх вирішення у сфері прикладної фізики з урахуванням досвіду світових практик.

ПРН 11. Розуміти особливості різних класів наноматеріалів, використовувати сучасні фізичні підходи, концепти та методи прикладної фізики з урахуванням цих особливостей.

ПРН 12. Конструювати дизайн, розробляти програму та виконувати комплексні дослідження наноматеріалів з використанням широкого кола прикладних методів, технологій та інструментарію аналізу.

ПРН 14. Передбачати ймовірний час експлуатації різних приладів.

ПРН 15. Визначати особливості різних класів наноматеріалів, використовувати сучасні фізичні підходи, концепти та методи прикладної фізики на основі знань фундаментальних фізичних теорій, математичних методів та комп'ютерного моделювання (методів кластерної динаміки, Монте-Карло, молекулярної динаміки та ін.).

ПРН 17. Професійно виконувати наукові дослідження наноматеріалів, дорадчі та консультативні функції з прикладної фізики на регіональному, національному та міжнародному рівні.

Очікувані результати вивчення дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач освіти повинен

Знати:

- сучасні досягнення у галузі деградації і старіння різних об'єктів і еволюцію природи в цілому;
- закономірності природних явищ;
- особливості розвитку природи в аспекті старіння.

Уміти:

- вирішувати прості задачі, пов'язані зі старінням матеріалів та приладів;
- передбачати можливі катастрофічні явища при експлуатації обладнання різного типу;
- передбачати ймовірний час експлуатації різних приладів, якими доводиться користуватись у житті.

Інтегральна компетентність (ІК): Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та дослідницько-інноваційної діяльності у сфері прикладного матеріалознавства та наноматеріалів, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних фізичних знань та/або професійної практики.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК07. Вміння виявляти, формалізувати, ставити та розв'язувати комплексні проблеми.

ЗК08. Описувати відповідні задачі таким чином, щоб розвивати та трансформувати наукові знання та розуміння.

Спеціальні компетентності (СК):

СК07. Здатність аналітично мислити та систематизувати інформацію, обробляти великих масивів даних, складати короткостроковий та довгостроковий

прогноз розвитку ситуації на підставі отриманих даних.

СК10. Здатність визначати деталі фізичного механізму процесів, що відбуваються у наноматеріалах, на основі результатів експериментальних та теоретичних методів дослідження з урахуванням їх похибку та меж застосування.

СК11. Здатність проводити дослідження проблем прикладної фізики у межах мультимасштабного моделювання.

СК12. Здатність аналізувати явища і процеси в наноструктурах з погляду фундаментальних фізичних теорій, принципів і знань, а також на основі відповідних математичних методів та методів комп'ютерного моделювання, зокрема, методу кластерної динаміки, методу Монте-Карло та методу молекулярної динаміки.

Міждисциплінарні зв'язки: Навчальна дисципліна передбачає міждисциплінарні зв'язки з іншими дисциплінами, такими як «Основи текстурного аналізу», «Радіаційне матеріалознавство», «Методологія наукових досліджень у галузі природничих наук».

Теми лекційних занять

Тема 1. Загальне уявлення відносно процесів старіння. Уявлення про ентропію. Закон зростання ентропії. Приклади.

Пояснення: будуть розглянуті уявлення про ентропію з точки зору природничих наук і розглянутий зв'язок ентропії з механізмами деградації різних систем у природничих науках.

Тема 2. Особливості процесів старіння в живій і не живій природі.

Проблеми передбачення часу життя живих і не живих об'єктів.

Пояснення: будуть охарактеризовані властивості різних систем у природничих науках шляхом розглядання мікроскопічних процесів і мікроструктури в цих системах.

Тема 3. Старіння складних систем. Старіння електронних приладів.

Загальні механізми старіння складних систем і живих організмів.

Пояснення: будуть порівнюватись мікроскопічні процеси, що призводять до старіння живих та неживих об'єктів, буде пояснена універсальність процесів старіння у живій та неживій природі.

Тема 4. Математичне моделювання процесів старіння. Основні параметри, які визначають процеси старіння.

Пояснення: будуть розглянуті кінетичні методи дослідження процесів старіння і продемонстровані прості приклади описання старіння матеріалів і приладів шляхом розв'язування кінетичних рівнянь.

Тема 5. Комп'ютерне моделювання процесів старіння. Врахування фізичних і хімічних мікромеханізмів.

Пояснення: будуть охарактеризовані загальні підходи до комп'ютерного моделювання різноманітних процесів в живій і неживій природі. Будуть наведені приклади комп'ютерного моделювання у науці.

Тема 6. Загальне уявлення про процеси деградації матеріалів і приладів.

Зв'язок механізмів старіння і деградації.

Пояснення: будуть розглянуті загальні механізми старіння і радіаційної деградації матеріалів і приладів.

Тема 7. Аналогія радіаційних процесів і процесів старіння. Можливості моделювання процесів старіння за допомогою радіація, низьких енергій.

Пояснення: будуть розглянуті загальні показники радіаційної деградації матеріалів і процесів старіння.

Тема 8. Підпорогові радіаційні ефекти.

Пояснення: будуть розглянуті особливості підпорогових радіаційних ефектів, а також можливості їх застосування для дослідження процесів старіння.

Тема 9. Експериментальні методи визначення механізмів руйнування матеріалів під дією радіації низьких енергій.

Пояснення: будуть описані загальні експериментальні підходи для дослідження радіаційної деградації матеріалів і приладів.

Тема 10. Особливості процесів старіння сучасних наноприладів.

Пояснення: будуть розглянуті механізми старіння сучасних нанобіосенсорів.

Тема 11. Роль електронних збуджень процесів деструкції електронних приладів.

Пояснення: будуть розглянуті поняття про електронні збудження і обговорена їх роль в процесах деградації матеріалів і приладів.

Тема 12. Роль квантових ефектів в процесах деградації сучасних наноприладів.

Пояснення: будуть розглянуті поняття про квантові ефекти в матеріалах і приладах, обговорена їх роль в процесах деградації.

Тема 13. Старіння біологічних об'єктів. Методи прогнозування часу життя біологічних об'єктів.

Пояснення: буде розглянута специфіка мікромеханізмів старіння біологічних об'єктів з урахуванням їх атомної і молекулярної структури.

Тема 14. Зв'язок механізмів роботи електронного приладу з процесами деградації і старіння.

Пояснення: на прикладі трекового біосенсора будуть розглянуті механізми старіння електронного приладу.

Тема 15. Сучасний стан розуміння процесів старіння і перспективи вирішення.

Пояснення: будуть обговорені загальні питання передбачення експлуатаційного ресурсу матеріалів і приладів.

Основні поняття

Поняття ентропії і сфера застосування цього поняття.

Ентропія S — фізична величина, яку використовують для опису термодинамічної системи, та є однією з основних термодинамічних величин. Ентропія є функцією стану термодинамічної системи і широко використовується в термодинаміці, в тому числі технічній (аналіз роботи теплових машин і холодильних установок) і хімічній (розрахунок рівноваги хімічних реакцій). Твердження про існування і зростання ентропії та перелік її властивостей складають зміст другого закону термодинаміки. Значущість цієї величини для фізики обумовлена тим, що поряд з температурою, її використовують для опису термічних явищ і термічних властивостей макроскопічних об'єктів. Ентропію також називають мірою **хаосу**.

Ентропія S (en — в, всередину і trope або tropos — звернення, шлях; у цілому — звернення всередину) — функція стану термодинамічної системи, диференціал якої є повний диференціал dS_0 у оборотних процесах, який дорівнює відношенню елементарної кількості підведеної ззовні теплоти δQ_0 до абсолютної температури тіла (системи) T .

$$dS_o = \frac{\delta Q_o}{T}$$

Нерівноважні процеси в ізольованій системі супроводжуються зростанням ентропії, вони наближають систему до стану рівноваги, в якому максимальна. Поняття ентропія введено в 1865 Р. Клаузіусом. Як вказано вище, ентропія є функцією стану термодинамічної системи. Це означає, що ентропія залежить від декількох незалежних параметрів, які однозначно визначають стан термодинамічної системи, але вона не залежить від того, яким шляхом був досягнутий цей стан.

Кінетика основних параметрів, які характеризують старіння.

Старіння - це складний процес, який впливає на різні аспекти життєдіяльності організму. Кінетика старіння визначається рядом параметрів, які можуть бути оцінені і вивчені в контексті часу та вікових змін. Основні параметри, які характеризують старіння, включають:

Фізіологічні параметри: це такі параметри, як функціональна потужність органів та систем організму, рухливість, зорова та слухова гострота, а також витривалість. Зменшення цих параметрів з віком може бути ознакою старіння.

Біохімічні параметри: до них відносяться різні різних біохімічних маркерів, таких як глюкоза, холестерин, гормони та інші. Зміни в цих параметрах можуть вказувати на ризики розвитку хвороби, пов'язаних із старінням.

Морфологічні параметри: це характеристики структури органів та тканин, такі як розмір клітин, загальна кількість клітин, їхній стан та функціонування. Зменшення маси м'язів, збільшення розміру органів та інші зміни можуть бути пов'язані з процесом старіння.

Генетичні та молекулярні параметри: це зміни на рівні ДНК, РНК та білків, такі як мутації, експресія генів, деградація біомолекул. Порушення цих процесів може впливати на швидкість старіння та ризики розвитку захворювань.

Психологічні параметри: старіння також може впливати на психічний стан та когнітивні здібності людини. Зниження когнітивних функцій, зміни в настрої та емоційний стан можуть бути ознаками старіння.

Ці параметри можуть варіювати в залежності від індивідуальних особливостей, генетичних факторів, способу життя та впливу зовнішніх чинників. Істотні зміни в цих параметрах можуть бути використані для вивчення кінетики старіння та розробки стратегій для підтримання здоров'я і якості життя на старості.

Біологія старіння. Зв'язок органічного і неорганічного світу.

Старіння — процес поступового руйнування і втрати важливих функцій організму або його частин, зокрема здатності до розмноження і регенерації. Внаслідок цього організм стає менш пристосованим до умов навколишнього середовища, зменшує свою здатність боротися із хижаками та хворобами. Явище старіння у тій чи іншій мірі спостерігається практично у всіх живих організмів. Термін «старіння» також може використовуватися і для опису руйнування неживих систем, і для опису соціальних ефектів старіння людини. Наука, що вивчає старіння, називається геронтологією; її галузь, що має справу з біологічними ефектами старіння — біогеронтологією.

Зв'язок між органічним і неорганічним світом виявляється на кількох рівнях. Хімічний склад і реакції: органічні сполуки містять вуглець і, зазвичай, водень, кисень, а також інші елементи. Їхні хімічні властивості базуються на взаємодії валентних електронів атомів у молекулах. В той час як неорганічні сполуки можуть також містити вуглець, але вони частіше складаються з неорганічних елементів, таких як метали та їхні сполуки. Зв'язки в неорганічних сполуках часто спираються на іонічні та металічні зв'язки.

Біологічна взаємодія: органічні сполуки, такі як білки, нуклеїнові кислоти та вуглеводи, грають ключову роль у біологічних процесах. Наприклад, білки є основними будівельними блоками клітин і виконують різноманітні функції у живих організмах. Однак неорганічні сполуки, наприклад, мінерали, також можуть виконувати важливі функції у живих системах, наприклад, в якості

каталізаторів для хімічних реакцій або як електроліти для передачі сигналів у нервовій системі.

Еволюційні аспекти: багато органічних молекул, що зустрічаються у живих системах, можуть бути вироблені або модифіковані неорганічними процесами. Наприклад, амінокислоти, що складають білки, виникають через хімічні реакції з неорганічних сполук у примітивних умовах Землі. Таким чином, існує взаємозв'язок між хімічними процесами органічного та неорганічного походження в еволюції життя.

Отже, органічний і неорганічний світи мають глибокі взаємозв'язки через спільні хімічні основи та взаємодію в біологічних системах.

Передбачення катастроф.

Катастрофа – це велика аварія, подія чи лихо, які призвели до людських жертв, завдали шкоди здоров'ю людей або спричинили руйнування й знищення об'єктів, матеріальних цінностей у значних розмірах, а також завдали серйозного збитку навколишньому середовищу.

Прогнозування – дослідницький процес, результатом якого є ймовірнісні дані про майбутній стан прогнозованого об'єкта, враховуючи дані про ймовірність виникнення катастрофи та шляхів її розвитку, якщо йдеться, наприклад, про техногенно-небезпечний об'єкт.

Прогноз – кінцевий результат передбачення й (або) прогнозування.

Система прогнозування – система, що містить математичні, логічні, евристичні елементи, на вхід якої надходить наявна до справжнього моменту інформація про прогнозований об'єкт, а на виході видаються дані про майбутній стан цього об'єкта, у зокрема про можливу катастрофу, якщо об'єкт є небезпечним (прогноз).

Для прикладу, розглянемо основні етапи прогнозування й головний принцип оцінювання антропогенних впливів у разі виникнення катастроф на небезпечних об'єктах техносфери.



Наведена блок-схема відображає процес прогнозування для якого-небудь одного виду антропогенного впливу (катастрофи певного виду). Керуючись цією схемою, можна здійснити окремо прогнозування кожного з можливих видів антропогенного впливу (катастроф). Одночасний вплив враховується під час оцінювання прогнозних результатів.

Відповідно до розглянутої блок-схеми, першим етапом прогнозування є збирання та аналіз потрібної вихідної інформації, що стосується джерел, чинників і параметрів процесів, що можуть призвести до аварії катастрофічного характеру, антропогенного впливу, що супроводжують таку аварію в ретроспективі і на цей час.

Значна частина зазначеної вихідної інформації може бути отримана в блоці комплексного моніторингу, де передбачається спостереження за джерелами, факторами антропогенного впливу і власне антропогенним впливом на навколишнє середовище. Частково початкова інформація для прогнозування виробляється також блоком моніторингу, що пов'язаний з оцінкою рівнів антропогенного впливу. До вихідної інформації також можуть належати деякі наукові положення й закономірності перебігу процесів у даній предметній області.

Другий етап прогнозування полягає у створенні математичної моделі процесу антропогенного впливу розглянутого виду на навколишнє середовище, а також методичного апарату для визначення невідомих параметрів моделі.

Зазначений методичний апарат розробляється з урахуванням даних ретроспективного аналізу модельованого процесу антропогенного впливу. При цьому важлива роль належить встановленню емпіричних або підтвердженню теоретичних закономірностей процесу формування факторів антропогенного впливу. Під час створення моделі процесу антропогенного впливу виходять з цілей і завдань прогнозування й враховують інтервал попередження (заданий відрізок часу з моменту виконання прогнозу до моменту в майбутньому, для якого цей прогноз робиться), про який раніше вже було зазначено.

Третім етапом прогнозування є виконання потрібних розрахунків і візуалізація їх результатів. Результати розрахунків мають бути представлені у вигляді, зручному для оцінювання антропогенного впливу на об'єкти навколишнього середовища. На заключному четвертому етапі прогнозування оцінюють адекватність моделі реальним процесам і достовірність отримуваної прогнозної інформації. При цьому можна використовувати різні методи.

Оскільки майбутня ситуація, пов'язана з антропогенним впливом, залежить від багатьох факторів стохастичної природи і характеризується значною невизначеністю, достатньо придатним у цьому випадку є метод максимуму правдоподібності. Цей метод ґрунтується на ймовірнісному підході, головна ідея якого полягає у визначенні т. зв. функції правдоподібності. Як функція, зазвичай, приймається умовна щільність ймовірності

$$P(y(A\epsilon)) \propto P(y(a_j, j \in \bar{n}))$$

де: $A\epsilon \in \{a_j, j \in \bar{1}, n\}$ – параметри і моделі, що підлягають оцінюванню;

$y()$ – вибіркові спостереження (вимірювання) прогнозованої величини, наприклад, концентрація шкідливої речовини в тому чи іншому середовищі, на ділянці спостереження $Y\epsilon \in \{y_i, i \in \bar{1}, m\}$.

Після визначення функції правдоподібності вона максимізується стосовно параметрів $a_j, j \in \bar{1}, n$.

Отже, розв'язується задача про знаходження найкращої оцінки параметрів моделі A_{ϵ} на основі спостережень (вимірювань) прогнозованої величини y_i на ділянці спостережень Y_{ϵ} . По суті, дається відповідь на питання про те, за яких значень параметрів моделі антропогенного впливу найбільш ймовірна поява сукупності значень прогнозованої величини $y_i, i \in \{1, m\}$.

Широке застосування в задачі прогнозування наслідків небезпечних і екстремальних ситуацій знаходить і досить відомий метод найменших квадратів, що є окремим випадком методу максимальної правдоподібності, коли спотворення (перешкоди), що накладаються на детерміновану частину прогнозованого процесу, адитивні і мають нормальний розподіл.

Методичні рекомендації до проведення практичних занять

Теми практичних занять

1. *Бесіда* на тему: Загальне уявлення відносно процесів старіння. Уявлення про ентропію. Закон зростання ентропії. Приклади (2 год.).
2. *Семінар* з теми: Математичне моделювання процесів старіння. Основні параметри, які визначають процеси старіння (2 год.).
3. *Семінар* з теми: Загальне уявлення про процеси деградації матеріалів і приладів. Зв'язок механізмів старіння і деградації (2 год.).
4. *Вирішення практичних завдань* з теми: Роль електронних збуджень процесів деструкції електронних приладів (2 год.).
5. *Вирішення практичних завдань* з теми: Старіння біологічних об'єктів. Методи прогнозування часу життя біологічних об'єктів (2 год.).

Тема 1. *Бесіда.* Загальне уявлення відносно процесів старіння. Уявлення про ентропію. Закон зростання ентропії. Приклади.

Форма організації на заняттях (актуалізація теоретичних знань)

1. Засвоєння понять ентропії та закономірностей зміни ентропії.
2. Пошук наукової інформації в мережі Інтернет.

3. Загальні уявлення про старіння в живій і неживій природі.
4. Використання онлайн ресурсів в дослідницькій діяльності.

Обов'язкове практичне завдання

Організація семінару по сучасним роботам у галузі старіння.

Методичні вказівки.

Порівняти різні підходи до вивчення механізмів старіння.

Рекомендована література

1. Kiv Arnold, Nasiri, Rahimeh, Gholipour, Behnam; Nourmohammadi, Maryam; Karimi, Ziba. Mesoporous hybrid organosilica for stabilizing Pd nanoparticles and aerobic alcohol oxidation through Pd hydride (Pd–H₂) species. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2023. Pages 6488-6498.
2. Kiv Arnold, Goździuk Magdalena, Kavetsky Taras, Roquero Daniel, Nosrati Hamed, Lebedevaite Migne. UV-Cured Green Polymers for Biosensors: Correlation of Operational Parameters of Highly Sensitive Biosensors with Nano-Volumes and Adsorption Properties. *Materials*. 2022. Page 6607.
URL: DOI10.3390/ma15196607
3. Popov O. O., Kyrylenko Y. O., Kameneva I. P., Iatsyshyn A. V., Iatsyshyn A. V., Kovach V. O., Artemchuk V. O., Bliznyuk V. N., Kiv A. E. The use of specialized software for liquid radioactive material spills simulation to teach students and postgraduate students. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3085. 306–322 pp. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-5124879991&partnerID=40&md5=a901502e79f0b3d6c46ed10aa48a3d0a>
4. Kiv Arnold E., Bilous Vladyslav V., Bodnenko Dmytro M., Horbatovskyi Dmytro V., Proshkin Volodymyr. The development and use of mobile app AR Physics in physics teaching at the university. *Kryvyi Rih : 4th International Workshop on Augmented Reality in Education*. 2021. 197-212pp.

Тема2. Семінар. Математичне моделювання процесів старіння. Основні параметри, які визначають процеси старіння.

Форма організації на заняттях (актуалізація теоретичних знань)

1. Основні підходи до математичного моделювання та елементарних процесів у природничих науках.
2. Математичні моделі у різних галузях фізичної науки.
3. Математичні моделі у різних галузях біологічної науки.

Обов'язкове практичне завдання

Створення математичної моделі у системі освіти.

Методичні вказівки.

Ознайомитись з простішими алгоритмами при моделюванні старіння.

Рекомендована література

1. Popov Oleksandr O., Iatsyshyn Anna V., Iatsyshyn Andrii V., Kovach Valeriia O., Kiv Arnold E. Immersive technology for training and professional development of nuclear power plants personnel. *Published on CEUR Workshop Proceedings*. 2021. 230-254pp.
2. Komarova Elena, Kiv Arnold. The Problem of the Limitations of the Educational Model Experiment on Population Genetics and Its Solution. In *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2020. 272-286pp.
3. Yaroshenko Olga, Samborska Olena, Kiv Arnold. Experimental Verification of Efficiency of the Formation of Information and Digital Competence of Bachelors of Primary Education based on an Integrated Approach. In *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2020. 644-652pp.
4. Боброва Т. Б. Основи матеріалознавства, навчальний посібник. Київ : Ресурсний центр ГУРТ, 2019. 104 с.

Тема 3. Семінар. Загальне уявлення про процеси деградації матеріалів і приладів. Зв'язок механізмів старіння і деградації.

Форма організації на заняттях (актуалізація теоретичних знань)

1. Різні види деградації. Радіаційно-індукована деградація.
2. Зв'язок процесів старіння з процесами радіаційної деградації.
3. Поняття про експлуатаційний ресурс приладів.

Обов'язкове практичне завдання

Семинар відносно підпорогових радіаційних ефектів.

Методичні вказівки.

Уяснити зв'язок процесів деградації матеріалу і його старіння.

Рекомендована література

1. Кичак В. М. Підвищення радіаційної стійкості енергонезалежних запам'ятовувальних пристроїв на базі халькогенідних склоподібних напівпровідників. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 4. С. 116-123.
2. Biohorology and biomarkers of aging: Current state-of-the-art, challenges and opportunities. *Ageing Research Reviews*. 2020. 1-13 pp.
3. URL : [https:// doi:10.1016/j.arr.2020.101050](https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101050)
4. Герасимов О. І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228 с.
5. Бардова В. Г. Гігієна та екологія : підручник для студентів : англ. мовою. Вінниця : Нова Книга, 2018. 688 с.

Тема 4. *Вирішення практичних завдань.* Роль електронних збуджень процесів деструкції електронних приладів.

Форма організації на заняттях (актуалізація теоретичних знань)

1. Механізми передачі енергії електронного збудження на кристалічну решітку.
2. Температурні залежності електронно-стимульованої деградації матеріалів.
3. Засоби збільшення радіаційної стійкості матеріалів.

Обов'язкове практичне завдання

Семинар з теми «Кінетика старіння».

Методичні вказівки.

Порівняти різні фізичні моделі старіння.

Рекомендована література

1. Kiv Arnold E., Semerikov Serhiy O., Soloviev Vladimir N., Striuk Andrii M. 9th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. 1-10 pp.
2. Osadchyi V. V., Varina H. B., Osadcha K. P., Prokofieva O. O., Kovalova O. V., Kiv A. E. Features of implementation of modern AR technologies in the process of psychological and pedagogical support of children with autism spectrum disorders. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2731. 263–282 pp. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096901540&partnerID=40&md5=35f95497406f9072a8a81c4c34eeabff>
3. Kiv A. E., Soloviev V. N., Semerikov S. O. How cloud technologies continue to transform education. *CEUR Workshop Proceedings*. 2019. 1-19 pp.
4. Соловійов В. М., Сердюк О. А., Данильчук Г. Б. Моделювання складних систем : Навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни. Черкаси : Видавець О. Ю. Вовчок, 2016. 204 с.

Тема 5. *Вирішення практичних завдань.* Старіння біологічних об'єктів.

Методи прогнозування часу життя біологічних об'єктів.

Форма організації на заняттях (актуалізація теоретичних знань)

1. Загальні риси механізмів старіння фізичних і біологічних об'єктів.
2. Співвідношення фізичних і біологічних механізмів старіння.
3. Сучасні уявлення про старіння біологічних об'єктів.

Обов'язкове практичне завдання

Вирішення практичних завдань з теми «Співвідношення фізичних і біологічних механізмів старіння».

Методичні вказівки.

Ознайомитись з методами штучного інтелекту проблеми старіння.

Рекомендована література

1. Барабаш В. М., Боярчук В. М., Добрянський І. М., Шмиг Р. А. Старіння матеріалів : термінологічний словник. Львів : 2010. 162 с.
2. Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants. Vienna : *International Atomic Energy Agency*. 2008. 33 p.
3. Shugailo O., Shugailo O-r., Ryzhov D., Kritsky V., Romanov S., Kolupaev A. Recommendations for Improvement of National. Regulations on Long-Term Operation and Ageing Management of Ukrainian NPPs. Kiev : *Nuclear and Radiation Safety*, 2013. No. 3, pp. 3–9.
4. Zaikov G. Aging of polymers, polymer blends and polymer composites. *Nova Science Publishers*. 2002. 278 p.
5. Ageing management for nuclear power plants : safety guide. Vienna : *International Atomic Energy Agency*. 2008. 48 p.

Завдання для самостійної роботи студентів

Тема 1. Конкретні приклади механізмів старіння.

1. Історичні відомості.
2. Сучасні досягнення.

Тема 2. Методи дослідження процесів старіння.

1. Використання методів статистичної обробки результатів в процесі дослідження.
2. Об'єкти дослідження як складні системи.

Тема 3. Вплив зовнішніх факторів на процеси старіння

1. Шляхи узагальнення емпіричних результатів.
2. Способи перевірки результатів експерименту.

Тема 4. Сучасні методи дослідження механізмів старіння.

1. Обґрунтування надійності наукового результату.
2. Порівняння методів перевірки результатів у гуманітарних і природничих науках.

Тема 5. Штучне і природниче старіння.

1. Лабораторне моделювання старіння.
2. Комп'ютерне моделювання старіння.

Індивідуальні навчально-дослідні завдання

Підготувати доповідь з комп'ютерною презентацією, виступити на конференції (рекомендовані конференції – Міжнародна конференція з адаптивних технологій управління навчанням, International Conference on History, Theory and Methodology of Learning)

Тематика індивідуальних навчально-дослідних завдань (за вибором аспіранта)

1. Мікроскопічні механізми старіння живих систем.
2. Загальні риси старіння живих систем і електронної апаратури.
3. Передбачення катастрофічних явищ в процесі деградації електронних приладів.
4. Експериментальні методи визначення експлуатаційного ресурсу складних систем.
5. Проблеми старіння людства.

ЗДОБУВАЧ ПРИ ВИКОНАННІ ІНДЗ ПОВИНЕН ДОТРИМУВАТИСЯ ПРИНЦИПІВ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ, НЕ ДОПУСКАТИ АКАДЕМІЧНИЙ ПЛАГІАТ

Академічний плагіат – оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості), та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без відповідного посилання (відповідно до ст. 69 Закону України «Про вищу освіту»).

Види академічного плагіату:

- копіювання;

- перефразування;
- компіляція;
- використання інформації (факти, ідеї, формули, числові значення тощо) з джерела без посилання на це джерело;
- подання як власних робіт (тез, аналітичних звітів, письмових робіт, есеїв тощо), виконаних на замовлення іншими особами, у тому числі робіт, стосовно яких справжні автори надали згоду на таке використання.

Методичні вказівки до комп'ютерної презентації

Мультимедійна презентація - це програма, яка може містити текстові матеріали, фотографії, малюнки, діаграми та графіки, слайд-шоу, звукове оформлення і дикторський супровід, відеофрагменти й анімацію, тривимірну графіку.

Презентація не повинна перевищувати 15 слайдів (максимум два слайди на хвилину промови). В одному слайді доцільно вміщувати не більше ніж 10 рядків тексту.

Пам'ятайте! Один слайд — одна теза (факт, думка, твердження).

Тривалість доповіді не повинна перевищувати 10 хв. Виступ має бути чітким і лаконічним. Текст доповіді має носити характер творчого, самостійного навчально-дослідного завдання, обсягом 8 - 9 сторінок.

Питання для самоконтролю

1. Які особливості дослідницької роботи.
2. Історичні уявлення щодо механізмів старіння.
3. Використання методів статистичної обробки даних з метою проведення конкретних досліджень.
4. Роль міждисциплінарних досліджень у вивченні механізмів старіння.
5. Приклади послідовного розвитку наукових уявлень про закони старіння.

6. Яке значення мають закони збереження.
7. Приклади використання законів збереження у конкретних наукових відкриттях.
8. Роль математики в дослідженнях процесів старіння.
9. Комп'ютерне моделювання процесів старіння.
10. Комп'ютерне моделювання у природничих науках.
11. Результати робіт які одержали останні нобелівські премії у галузі природничих наук.
12. Підготовка наукової презентації.
13. Підготовка наукової статті.
14. Міжнародна кооперація вчених.

Питання до екзамену

1. Які особливості дослідницької роботи.
2. Яке значення мають закони збереження.
3. Приклади використання законів збереження у конкретних наукових відкриттях.
4. Фізичні механізми старіння. Відмінність гуманітарних і природничих наук.
5. Сучасні уявлення щодо механізмів старіння.
6. Роль математики в дослідженнях природничих наук.
7. Використання методів статистичної обробки даних з метою проведення конкретних досліджень.
8. Підготовка наукової статті.
9. Комп'ютерне моделювання у природничих науках.
10. Зв'язок природничих і гуманітарних наук.
11. Підготовка наукової презентації.
12. Результати робіт які одержали останні нобелівські премії у галузі природничих наук.
13. Міжнародна кооперація вчених.

14. Роль міждисциплінарних досліджень у пізнанні природи.
15. Приклади математичних підходів у природничих науках.

Список використаних джерел

1. Kiv Arnold, Nasiri, Rahimeh, Gholipour, Behnam; Nourmohammadi, Maryam; Karimi, Ziba. Mesoporous hybrid organosilica for stabilizing Pd nanoparticles and aerobic alcohol oxidation through Pd hydride (Pd-H₂) species. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2023. Pages 6488-6498.
2. Kiv Arnold, Goździuk Magdalena, Kavetsky Taras, Roquero Daniel, Nosrati Hamed, Lebedevaite Migele. UV-Cured Green Polymers for Biosensorics: Correlation of Operational Parameters of Highly Sensitive Biosensors with Nano-Volumes and Adsorption Properties. *Materials*. 2022. Page 6607.
3. URL: DOI10.3390/ma15196607
4. Popov O. O., Kyrylenko Y. O., Kameneva I. P., Iatsyshyn A. V., Iatsyshyn A. V., Kovach V. O., Artemchuk V. O., Bliznyuk V. N., Kiv A. E. The use of specialized software for liquid radioactive material spills simulation to teach students and postgraduate students. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. Vol. 3085. 306–322 pp. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-5124879991&partnerID=40&md5=a901502e79f0b3d6c46ed10aa48a3d0a>
5. Kiv Arnold E., Bilous Vladyslav V., Bodnenko Dmytro M., Horbatovskiy Dmytro V., Proshkin Volodymyr. The development and use of mobile app AR Physics in physics teaching at the university. *Kryvyi Rih : 4th International Workshop on Augmented Reality in Education*. 2021. 197-212pp.
6. Popov Oleksandr O., Iatsyshyn Anna V., Iatsyshyn Andrii V., Kovach Valeriia O., Kiv Arnold E. Immersive technology for training and professional development of nuclear power plants personnel. *Published on CEUR Workshop Proceedings*. 2021. 230-254pp.
7. Komarova Elena, Kiv Arnold. The Problem of the Limitations of the Educational Model Experiment on Population Genetics and Its Solution. In *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational*

- Technology*. 2020. 272-286pp. Yaroshenko Olga, Samborska Olena, Kiv Arnold. Experimental Verification of Efficiency of the Formation of Information and Digital Competence of Bachelors of Primary Education based on an Integrated Approach. In *Proceedings of the 1st Symposium on Advances in Educational Technology*. 2020. 644-652pp.
8. Боброва Т. Б. Основи матеріалознавства, навчальний посібник. Київ : Ресурсний центр ГУРТ, 2019. 104 с.
 9. Кичак В. М. Підвищення радіаційної стійкості енергонезалежних запам'ятовувальних пристроїв на базі халькогенідних склоподібних напівпровідників. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 4. С. 116-123.
 10. Biohorology and biomarkers of aging: Current state-of-the-art, challenges and opportunities. *Ageing Research Reviews*. 2020. 1-13 pp. URL : <https://doi:10.1016/j.arr.2020.101050>
 11. Герасимов О. І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища: навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228 с.
 12. Бардова В. Г. Гігієна та екологія : підручник для студентів : англ. мовою. Вінниця : Нова Книга, 2018. 688 с.
 13. Kiv Arnold E., Semerikov Serhiy O. , Soloviev Vladimir N., Striuk Andrii M. 9th Illia O. Teplytskyi Workshop on Computer Simulation in Education. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. 1-10 pp.
 14. Osadchyi V. V., Varina H. B., Osadcha K. P., Prokofieva O. O., Kovalova O. V., Kiv A. E. Features of implementation of modern AR technologies in the process of psychological and pedagogical support of children with autism spectrum disorders. *CEUR Workshop Proceedings*. 2020. Vol. 2731. 263–282 pp.
URL:<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85096901540&partnerID=40&md5=35f95497406f9072a8a81c4c34eeabfb>
 15. Kiv A. E., Soloviev V. N., Semerikov S. O. How cloud technologies continue to transform education. *CEUR Workshop Proceedings*. 2019. 1-19 pp.

16. Соловійов В. М., Сердюк О. А., Данильчук Г. Б. Моделювання складних систем : Навчально-методичний посібник для самостійного вивчення дисципліни. Черкаси : Видавець О. Ю. Вовчок, 2016. 204 с.
17. Барабаш В. М., Боярчук В. М., Добрянський І. М., Шмиг Р. А. Старіння матеріалів : термінологічний словник. Львів : 2010. 162 с.
18. Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants. Vienna : *International Atomic Energy Agency*. 2008. 33 p.
19. Shugailo O., Shugailo O-r., Ryzhov D., Kritsky V., Romanov S., Kolupaev A. Recommendations for Improvement of National. Regulations on Long-Term Operation and Ageing Management of Ukrainian NPPs. Kiev : *Nuclear and Radiation Safety*, 2013. No. 3, pp. 3–9.
20. Zaikov G. Aging of polymers, polymer blends and polymer composites. *Nova Science Publishers*. 2002. 278 p.
21. Ageing management for nuclear power plants : safety guide. Vienna : *International Atomic Energy Agency*. 2008. 48 p.

Інформаційні ресурси

1. Міністерство освіти і науки України: офіційний сайт.
URL: <http://www.mon.gov.ua>
2. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського: офіційний сайт.
URL: <http://www.nbuv.gov.ua/>
3. Одеська національна наукова бібліотека: офіційний сайт.
URL: <http://odnb.odessa.ua/>.
4. Бібліотека Університету Ушинського: офіційний сайт.
URL: <https://library.pdpu.edu.ua/>