



Принципи створення металевих наноматеріалів: експеримент і моделювання

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський), для магістрів наукових</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS, 150 годин (54 аудиторні години, 36 лекцій, 18 практичних)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, Модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.ф.-м.н., професор, Сидоренко Сергій Іванович Практичні: д.ф.-м.н., професор, Сидоренко Сергій Іванович email: sidorenko@kpi.ua</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTQ3NzMyNDE2NzQz?cjc=fqo5wpt</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Принципи створення металевих наноматеріалів: експеримент і моделювання» – призначена надати студенту знання про принципи створення металевих функціональних наноматеріалів на основі методології "тріади Курнакова" та тенденцій розвитку фізичного матеріалознавства у відповідності до потреб міждисциплінарних високих технологій для електроніки, медицини та інших галузей знань, про натурні і обчислювальні експерименти, за результатами яких формуються наукові основи високих технологій – з точки зору міждисциплінарної методології гармонійного розвитку суспільства (сталого розвитку).

Предмет дисципліни: характеристика результатів натурних і обчислювальних експериментів на міждисциплінарних перетинах фізичного матеріалознавства і інших наук для реалізації принципів створення металевих функціональних наноматеріалів – з метою цілеспрямованих змін задля більш високої якості життя людей.

Згідно ОНП навчальна дисципліна "Принципи створення металевих наноматеріалів: експеримент і моделювання" призначена забезпечити таку інтегральну компетентність:

здатність розв'язувати складні задачі та проблеми з матеріалознавства у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог KI.01.

Метою кредитного модулю є формування у студентів фахових компетентностей у відповідності до ОНП, а саме:

- СК.01 Здатність виявляти та ставити проблеми в сфері матеріалознавства, приймати ефективні рішення для їх вирішення,
- СК.12 Здатність розробляти та реалізовувати проекти в сфері матеріалознавства, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти,
- СК.18 Здатність застосовувати наукові основи нанотехнологій для створення та використання наноматеріалів,
- СК.21 Здатність застосовувати методології розрахунків, що пов'язують мікроструктуру та властивості матеріалів.

Згідно з вимогами ОНП студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають **продемонструвати такі програмні результати навчання (РН):**

- РН.15 Проектувати нові матеріали, розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі матеріалів та процесів;
- РН.18 Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її;
- РН.25 Знати основи нанотехнологій для створення та використання наноматеріалів;
- РН.28 Уміти ідентифікувати зв'язки мікроструктури з властивостями матеріалів на основі натурних експериментів та комп'ютерних симуляцій.

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

Навчальна дисципліна *«Принципи створення металевих наноматеріалів: експеримент і моделювання»* використовує знання та вміння, набуті у ході вивчення курсів усього циклу підготовки бакалаврів за спеціальністю 132 "Матеріалознавство" та дисциплін 1 року підготовки магістра за освітньо-науковою програмою спеціальності 132 "Матеріалознавство".

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна *«Принципи створення металевих наноматеріалів: експеримент і моделювання»* містить два змістовних розділи.

Розділ 1. Принципи створення металевих функціональних наноматеріалів на основі методології "тріади Курнакова" та тенденцій розвитку фізичного матеріалознавства у відповідності до потреб міждисциплінарних високих технологій для електроніки, медицини та інших галузей знань.

Розділ 2. Натурні та обчислювальні експерименти у відповідності до завдань по реалізації принципів створення металевих функціональних наноматеріалів – на прикладі дослідницької діяльності вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського та споріднених Інститутів НАН України.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові:

1. Будова рідких, аморфних та кристалічних матеріалів : **підручник** / [авт. кол. : Сидоренко С.І., Васильєв М.О., Білоус М.В. та ін.]. – Миколаїв : УДМТУ, 1999. – 286 с.
2. Теорія тепло- та масопереносу в матеріалах: **підручник** для студ. спеціальності «Матеріалознавство», освітньої програми «Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання» / уклад.: С. І. Сидоренко, С. М. Волошко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 228 с.
3. Термодинаміка та кінетика дифузії: **навч. посіб.** для студ. спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітньої програми «Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання» / уклад.: С. І. Сидоренко, С. М. Волошко. – Київ: Видавництво "САК ЛТД", 2020. – 103 с.
4. Аномальне масоперенесення: **Навчальний посібник** для підготовки докторів філософії за освітньо-науковою програмою «Матеріалознавство»/ уклад.: С.І. Сидоренко, О.В. Філатов, С.М. Волошко, І.О. Круглов. – Київ: Видавництво "САК ЛТД", 2020. – 82 с.
5. Сучасні експериментальні методи аналізу низькорозмірних структур: лабораторний практикум (частина 2) : **навч. посіб.** для студ. спеціальності 132 «Матеріалознавство», освітньої програми «Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: М.В. Карпець, С.І. Сидоренко, А.П. Бурмак. – Київ: Видавництво "САК ЛТД", 2020. – 113 с.
6. «Інформаційні та комунікаційні технології у науковій діяльності матеріалознавця»: **навчальний посібник** для напряму підготовки 6.050403 "Інженерне матеріалознавство" / Укладачі: С.І. Сидоренко, С.М. Волошко, С.І. Конорев [та ін.], затверджено Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського. – К.: НТУУ «КПІ», 2014.- 54 с. <https://drive.google.com/file/d/1PF5YVOs9TbdbcyX-QRDVvIKr9Dd3L-Ga/view>
7. С.І. Сидоренко, С.М. Волошко, Ю.М. Макогон // Актуальні проблеми тонкоплівкового металознавства. – К.: Наук. думка, 2009. – 304 с. <https://classroom.google.com/c/NzAyOTE2MTA5NzIy/m/NzAyOTM3NjI1ODI5/details>
8. Згуровський М.З., Сидоренко С.І., Холмська Г.Д. Шляхами педагогіки комп'ютерних технологій. Перший досвід технічного університету: **Навч. посіб.** – К.: Наукова думка, 2003. – 188 с.

Додаткові:

9. Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокомпозитів : **навч. посіб.** / Горбик П.П., Горобець С.В., Турелик М.П. [та ін.]. – К.: Наук. думка, 2011. – 244 с.
10. The Management of Data // The Coming of Materials Science. Chapter 13. Pergamon Materials Series. Ed. by Robert W. Cahn. FRS. – Pergamon, 2001. – p. 491 – 502.

11. Materials in Extrimе States // The Coming of Materials Science. Chapter 13. Pergamon Materials Series. Ed. by Robert W. Cahn. FRS. – Pergamon, 2001. – p. 393-424.
12. Сидоренко С.І., Владимирський І.А., Макогон Ю.М. // Дифузійне формування нанорозмірних магнітних матеріалів на основі FePt: Монографія. – К.: Наукова думка, 2017. – 351 с.
13. Сидоренко С.І., Макогон Ю.М., Павлова О.П. // Тонкоплівкові силіциди. Фактор нанорозмірності: Монографія. – К.: Наукова думка, 2011. – 389 с.
14. С. І. Сидоренко, С. М. Волошко, А. К. Орлов // Метастабільні стани в технологіях металевих наноматеріалів. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 256 с.
15. Сидоренко С.І. Актуальні проблеми тонкоплівкового матеріалознавства / С.І. Сидоренко, А.Т. Пугачов. // Физико-технические проблемы современного материаловедения (95-летию со дня основания Национальной академии наук Украины посвящается). – В 2-х т. Т. 2. / Ред. кол.: И.К. Походня (предс.) и др. – К.: Академперіодика НАН України, 2013. – С. 381-412.
16. Нанотехнології. Азбука для всіх / Під ред. Ю.Д. Третьякова. – ФІЗМАТЛІТ, 2009. – 368 с.
17. Computer Simulation // The Coming of Materials Science. Chapter 12. Pergamon Materials Series. Ed. by Robert W. Cahn. FRS. – Pergamon, 2001. – p. 465 – 490.
18. Структура і властивості металів [електронний курс]: **конспект лекцій** для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» (освітня програма "Металофізичні процеси та їх комп'ютерне моделювання") / Серія "Педагогічне надбання : Л.Н. Ларіков"; укладачі: Сидоренко С.І., Волошко С.М. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,98 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 329 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37764>
19. Ю.Н. Макогон, Р.А. Шкарбань, С.І. Сидоренко // Наноразмерные термоэлектрические пленки на основе скуттерудита CoSb₃. – Riga: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 169 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<p><i>Розділ 1. Принципи створення металевих функціональних наноматеріалів на основі методології "тріади Курнакова" та тенденцій розвитку фізичного матеріалознавства у відповідності до потреб міждисциплінарних високих технологій для електроніки, медицини та інших галузей знань.</i></p> <p><i>Лекція 1. Вступ. Предмет і завдання дисципліни. Світоглядні аспекти дисципліни. Ознайомлення з програмою дисципліни. Знайомство з матеріалами дисципліни в платформі "Sikorsky Distance". Загальна характеристика дисципліни та її положення серед інших дисциплін в рамках освітньої магістерської програми "Інжиніринг та</i></p>

	<p>комп'ютерне моделювання в матеріалознавстві". Про політику навчальної дисципліни. Рекомендована література.</p> <p>Напрями використання функціональних металевих наноматеріалів як основи сучасної техніки.</p> <p>Класифікація функціональних наноматеріалів:</p> <ul style="list-style-type: none"> • за типом (металеві, неметалеві неорганічні матеріали, керамічні матеріали, композити), • за структурою, • за властивостями, • за функціями (матеріали з електричними, магнітними, теплофізичними, оптичними, біологічними функціями). <p>Загальне знайомство з відеорядом: "Low-Dimensional Material Science at Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" (Prof. S.I.Sidorenko); "Туман: что нового в исследованиях и применении?" (акад. О.М. Івасишин); "Комп'ютерне моделювання як джерело фізичних концепцій успішних фундаментальних і прикладних розробок: конкретні реалізації" (проф. В.М. Гошков); "Фізичні основи та інноваційні технології ультразвукового оброблення матеріалів" (проф. С.М. Волошко); "Basic Systematic Materials Selection-The Design Process"; "Basic Systematic Materials Selection-Materials Selection Methodology"; "Basic Systematic Materials Selection-Applying Constraints and Objectives"; "Basic Systematic Materials Selection-Case Study- Materials Selection for a Heat Sink"; "Intro to Material Structure-Atomic Bonding Basics"; "Intro to Material Structure-Crystalline Material Structure"; "Intro to Material Structure-Composite Material Structure"; "Materials Selection with Ashby Charts-Visualizing Material Properties"; "Materials Selection with Ashby Charts-Visual Materials Selection"; "Materials Selection with Ashby Charts-Case Study- Applying Visual Materials Selection"; "Від макро- до мікро-" та ін.</p> <p>Знайомство з матеріалами із серії "Науково-педагогічне надбання": фрагменти лекцій видатних вчених в сфері матеріалознавства і на його міждисциплінарних перетинах із машинобудуванням, мікроприладобудуванням, медициною, комп'ютерними науками, педагогікою, методологією сталого розвитку, прочитаних студентам кафедри ФМТО за проблематикою даної дисципліни (ак. В.А. Юценко, ак. Б.О. Мовчан, ак. М.З. Згуровський, чл.-кор. В.Т. Черепін, чл.-кор. С.П. Ошкадьоров, проф. Л.Н. Ларіков, проф. С.А. Котречко і чл.-кор. Ю.Я. Мєшков, проф. Д. Беке, вчений секретар ІПМ В.В. Картузов, проф. В.Б. Максименко, проф. Г.А. Статюха).</p>
2	<p>Лекція 2. Тенденції розвитку сучасного фізичного металознавства і принципи конструювання функціональних металевих наноматеріалів.</p> <p>"Тріада Курнакова" як базовий принцип методології матеріалознавства.</p> <p>Орієнтація на створення фізико-матеріалознавчих основ "конструювання" – напередданого, цілеспрямованого формування хімічного і фазового складу; кристалографічної, дефектної, електронно-енергетичної структури з метою отримання нових необхідних властивостей.</p> <p>Ускладнення складів, нетрадиційні сполучення металевих матеріалів з неметалевими, принцип LEGO, посилення багатокомпонентності, архітектоніка шаруватих композицій. Перспективи тривимірної інтеграції.</p> <p>Цілеспрямоване формування структурно-концентраційних та концентраційно-фазових неоднорідностей – як принцип конструювання металевих наноматеріалів.</p>

	<p><i>Спрямоване формування структури через варіацію фізико-технологічних параметрів процесів одержання тонкоплівкових матеріалів.</i></p> <p><i>Дослідження граничних (критичних) станів і параметрів. "Парадокс тонкоплівкових станів".</i></p> <p><i>"Конструювання" в нанорозмірному масштабі. Перехід досліджень і технологій в нанорозмірну область.</i></p> <p><i>Концептуальні сучасні уявлення про тонкоплівкові металеві матеріали як про матеріали з граничними (критичними) станами, з граничними (критичними) параметрами. Класифікація граничних станів: топологічні, структурно-кристалографічні, просторово-композиційні. Приклади.</i></p> <p><i>Конструювання градієнтних станів в металевих наноматеріалах через процеси на зовнішній поверхні.</i></p> <p><i>4 приклади технологій тонкоплівкових матеріалів для мікроприладобудування (на основі патентів вчених КПП).</i></p> <p><i>Ще про принципи конструювання неорганічних функціональних матеріалів:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>• принцип періодичності зміни властивостей неорганічних сполук елементів, розташованих в порядку зростання атомного номера;</i> <i>• принципи хімічної, термодинамічної і структурної подібності;</i> <i>• принцип безперервності, відповідності та сумісності компонентів рівноважної системи;</i> <i>• принцип обмеження числа незалежних параметрів стану в рівноважній системі;</i> <i>• принцип мінливості складу та структурного розупорядкування;</i> <i>• принцип елементного, структурного і фазового ускладнення системи;</i> <i>• принцип еквівалентності джерел безладу за умов мінімізації вільної енергії системи;</i> <i>• принцип нерівноцінності об'ємних і поверхневих властивостей твердих тіл;</i> <i>• принцип метастабільного різноманіття фізико-хімічних систем.</i> <p><i>Ознайомлення з переліком тем (на вибір) для підготовки рефератів (презентацій) студентами.</i></p>
3	<p><i>Лекція 3. Новітні функціональні матеріали та технології їх синтезу (виробництва):</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>– Твердотільні функціональні матеріали як основа сучасної техніки;</i> <i>– Перспективні керамічні функціональні матеріали;</i> <i>– Композиційні функціональні матеріали;</i> <i>– Речовини високої чистоти для одержання неорганічних функціональних матеріалів;</i> <i>– Методи синтезу (технології виробництва) неорганічних функціональних матеріалів, в т.ч. монокристалів.</i> <p><i>Неорганічні функціональні матеріали з особливими властивостями:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>– Склоподібні та аморфні неорганічні матеріали;</i> <i>– Неорганічні тонкі плівки та покриття;</i> <i>– Діелектричні неорганічні матеріали;</i> <i>– Неорганічні матеріали з магнітними властивостями;</i> <i>– Сучасні термоелектричні матеріали;</i> <i>– Неорганічні матеріали з іонною та електронною провідністю;</i> <i>– Високотемпературні надпровідники (ВТНП);</i>

	<p>– Неорганічні матеріали для біології і медицини.</p> <p>"Контакти" (в широкому сенсі цього слова) – межі розділу між шарами (зовнішні і внутрішні).</p> <p>Наукові основи створення новітніх технологій в електроніці.</p> <p>Проміжні та дифузійно-контролюючі шари.</p> <p>Багатостадійна модель дифузії для матеріалів в нано- і субнанотовщинному діапазонах товщин.</p> <p>Процеси на зовнішній поверхні як "дифузійний насос".</p> <p>Стадійний характер кінетики процесів структурно-фазових перетворень в низькорозмірних системах.</p> <p>Математичний опис дифузії в тонкошарових системах в новій постановці та застосування розв'язків таких задач дифузії.</p> <p>Прогнозування розвитку процесів, що контролюються дифузією, в тонкоплівкових матеріалах.</p>
4	<p>Лекція 4. Матеріали майбутнього.</p> <p>Визначення поняття «матеріали майбутнього». Класифікація «матеріалів майбутнього» за ознакою: затребуваності у відповідності до глобальних тенденцій розвитку людства (металеві матеріали в контексті вимог сталого розвитку); інтервалів типових розмірів елементів структури (нанофазні і наноструктуровані); функціональності і сфер використання в майбутньому (спеціальні функціональні матеріали).</p> <p>Матеріали для сталого розвитку.</p> <p>Нові матеріали для ключових технологій XXI сторіччя (пріоритети ФРН, Англії і США): погляд ак. С.О. Фірстова.</p> <p>"Поле знань" про матеріали майбутнього, як воно формується.</p> <p>E-MRS – Європейське матеріалознавче товариство, його складові і щорічні міжнародні конференції в сфері новітнього матеріалознавства. Європейський інститут науки і технологій. Інші Європейські структури, конференції. Міжнародні наукові видання в сфері новітнього матеріалознавства.</p> <p>Європейський інформаційний ресурс "CORDIS". Журнал "EU-research". Європейські дослідницькі інфраструктури.</p> <p>Міжнародна наукова мобільність: можливості в сфері фізичного матеріалознавства.</p>
5	<p>Лекція 5. Матеріали майбутнього в міжнародних проєктно-грантових програмах.</p> <p>Веб-сервіс КПІ "Міжнародна мозаїка".</p> <p>Масштабні європейські проєктно-грантові програми ЄС "Горизонт Європа" і РПІО, НАТО "Наука заради миру і безпеки", ERASMUS+.</p> <p>Їх пріоритети.</p> <p>Аналіз сайтів програм ЄС в сфері науки і технологій "Горизонт Європа": приклади успішних міжнародних проєктів в сфері матеріалознавства проривного характеру.</p>

6	<p>Лекція 6. Державні програми України і міжнародні програми в області досліджень і розробок новітніх матеріалів. Пріоритети, в т.ч. -- пріоритети міждисциплінарних програм. Пріоритети в сфері матеріалів майбутнього – через тематику щорічних конференцій E-MRS Spring Meeting в Страсбурзі та E-MRS Fall Meeting в Варшаві.</p> <p>Приклади державної політики в сфері науки і технологій: Україна, НАТО, Японія, інші провідні країни світу.</p> <p>Комплексна міждисциплінарна науково-технічна програма КПІ ім. Ігоря Сікорського «Нові матеріали і технології».</p> <p>Модульна контрольна робота (частина № 1), 1 година.</p>
7-8	<p>Лекція 7. Характеристика міждисциплінарності. Предмет і методологія фундаментальних і природничих дисциплін – міждисциплінарних з матеріалознавством (фізичним матеріалознавством). Фізика. Хімія. Електроніка. Інформатика. Біологія. Медицина. Металургія. Машинобудування. Математика. Педагогіка. Міждисциплінарний характер фізичного матеріалознавства.</p>
9	<p>Лекція 8. Міждисциплінарність як тенденція розвитку сучасного фізичного матеріалознавства. Міждисциплінарність на перетині матеріалознавства з ІКТ. Посилення теоретичної складової в тонкоплівковому матеріалознавстві. Робота в віртуальних глобальних науково-інформаційних просторах. Інженерне комп'ютерне конструювання матеріалів (пряма і обернена задачі).</p> <p>ІКТ в освітній і дослідницькій діяльності матеріалознавця.</p> <p>Педагогіка комп'ютерних технологій. Досвід технічного університету: Електронний навчальний посібник "Будова рідких, аморфних і кристалічних матеріалів". Комп'ютерне моделювання – сучасний метод дослідження і проектування нових матеріалів.</p>
10	<p>Лекція 9. Приклади міждисциплінарних проблем при створенні технологій матеріалів майбутнього, які розв'язуються із застосуванням методології матеріалознавства та на міждисциплінарних перетинах з іншими науками: біопошкодження промислових металевих матеріалів; біомедична інженерія (стоматологія, хірургія, імплантологія); електроніка; спеціальне машинобудування; комп'ютерне матеріалознавство; інші важливі практичні задачі міждисциплінарного характеру.</p> <p>Склад, принципи будови, виготовлення, обробки та особливості структури основних видів матеріалів, що використовуються в різних галузях медицини.</p> <p>Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокомпозитів.</p> <p>Цикли Кондратьєва. Системна характеристика матеріалів I-VI технологічних укладів.</p> <p>Приклади актуальних наукових і науково-технологічних проблем міждисциплінарного характеру в різних технологічних укладах.</p>
11	<p>Розділ 2. Натурні та обчислювальні експерименти у відповідності до завдань по реалізації принципів створення металевих функціональних наноматеріалів – на прикладі дослідницької діяльності вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського та споріднених Інститутів НАН України.</p> <p>Лекція 10. Вплив фундаментальних наукових відкриттів на формування актуальних уявлень сучасного фізичного металознавства про матеріали майбутнього: експеримент і моделювання.</p>

	<p><i>Принципово новий аспект механізмів випаровування – конденсації різко анізотропних матеріалів, обумовлений відкриттям "каркасних структур" (графенів, фулеренів, нанотрубок, максенів).</i></p> <p><i>Аперіодичні структури із квазіперіодичною симетрією з віссю симетрії 5-го порядку.</i></p> <p><i>Межі розділу (інтерфейси): проблема суміщення "несумісних" складових гетеросистем "кристал-квазікристал" (проблема суміщення різних симетрій).</i></p> <p><i>Інші важливі фундаментальні проблеми і відкриття в області конденсованого стану речовини:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>– кластери;</i> <i>– створення штучної періодичності та аперіодичності в багатошарових структурах;</i> <i>– спеціальні функціонально-градієнтні матеріали та системи на їх основі в 3D-просторі.</i>
12	<p>Лекція 11. <i>Тонкі металеві плівки. Експеримент і моделювання.</i></p> <p><i>Силіцидні плівкові матеріали для високих технологій мікроприладобудування.</i></p> <p><i>Механічні напруження. Роль домішок.</i></p> <p><i>Дослідження спеціальних фізичних властивостей.</i></p> <p><i>Новітні шаруваті наноматеріали. Максени. Інші матеріали (із натурних і обчислювальних експериментів вчених наукової школи КПІ ім. Ігоря Сікорського "Фізика і технології металевих наноматеріалів").</i></p> <p>Модульна контрольна робота (частина № 2), 1 година.</p>
13-14	<p>Лекція 12. <i>Матеріали в екстремальних станах.</i></p> <p><i>Інтенсифікація умов отримання і обробки в новітніх матеріалознавчих технологіях.</i></p> <p><i>Критичні стани в вакуумно конденсованих металевих матеріалах.</i></p> <p><i>Експеримент: метастабільні (але кінетично стійкі) стани, структури, фази, в металевих вакуумно конденсованих шарах, нетипові для масивних матеріалів, – з новими властивостями.</i></p> <p><i>Роботи вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського.</i></p>
15	<p>Лекція 13. <i>Ультразвукова ударна обробка легких сплавів: наноструктурування поверхневих шарів. Роботи вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського в цій сфері (натурні експерименти).</i></p> <p><i>Магнітні тонкоплівкові матеріали в технологіях елементів з надвисокою щільністю зберігання інформації.</i></p> <p><i>Приклади матеріалів із прихованими властивостями (можливостями).</i></p>
16	<p>Лекція 14. <i>Цикли Кондратьєва. Матеріали в 5-му і 6-му технологічних укладах (продовження).</i></p> <p><i>Нові матеріали задля вирішення енергетичних, екологічних та ресурсних проблем. Нові матеріали задля забезпечення більш якісного життя людини.</i></p> <p><i>Технологічне передбачення: яких новітніх матеріалів, властивостей потребують технології майбутнього (І. Маск, А. Длигач, японські футурологи).</i></p> <p><i>Матеріали в контексті вимог спеціального машинобудування майбутнього:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>– На що очікує людство (д-р Мичко Каку – фізик-теоретик, футуролог);</i> <i>прогноз Всесвітнього банку патентів Derwent;</i>

	<ul style="list-style-type: none"> – Термоядерная енергетика; – Геліоенергетика та сонячні батареї; – Роботи вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського в сфері сонячних елементів і технологій "чорного кремнія"; – Матеріали для акумуляторів як матеріали для сталого розвитку (Li-йонні акумулятори); – Зовнішні жорсткі диски (HDD) в елементній базі комп'ютерної техніки; – Авіаційні технології і матеріали для надзвукової цивільної авіації; – Матеріали в масштабних проєктах світового рівня; – Джейс Кемерон і Ричард Бренсон: матеріали для апаратів вивчення глибин океанів; – 3D-друк; – Високі медичні технології; – Матеріали в нафтогазодобувній промисловості; – інші.
17	<p>Лекція 15. Експеримент і моделювання при створенні матеріалів майбутнього – на прикладах дослідницької діяльності вчених кафедри фізики металів (сьогодні – кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки) та споріднених Інститутів НАН України. Трибологічні матеріали (акад.А.Г. Косторнов); матеріали на основі титана для спеціального машинобудування (акад.О.М.Івасишин); матеріали для спеціального машинобудування (доц. Є.В. Іващенко, к.т.н. Н.В. Франчик, доц. Г.Г. Лобачова); матеріали для сонячних елементів нового покоління (проєкт із університетом м. Хуейчжоу, КНР, доц. С.І.Конорев, проєкт з Каліфорнійським університетом, США, за програмою CRDF Global, проф. С.М. Волошко); плівкові магнітні матеріали та матеріали для спінтроніки (проф. Ю.М.Макогон, проф. І.А.Владимирський); матеріали для новітньої мікроелектроніки (проф. Ю.М.Макогон); високоентропійні матеріали (акад.С.О.Фірстов); матеріали для атомної енергетики, матеріали для водневої енергетики (акад.Ю.М.Солонін); smart materials (розумні матеріали) -- матеріали з ефектом пам'яті форми (чл.-кор.Ю.М.Коваль, доц. Л.Д.Демченко); прецезійні сплави (особливого функціонального призначення); нові матеріали для термоелектрики (проф. Ю.М.Макогон, к.т.н. Р.А.Шкарбань); матеріали із граничними станами і граничними параметрами (доц. А.К.Орлов); ВТСП матеріали і металеві плівкові контакти (проф. С.М.Волошко, доц. Р.І.Барабаш); матеріали для авіаційних (ультразвукова поверхнева обробка) і космічних технологій (проф. С.М.Волошко); матеріали для здоров'я людини (доц. В.Є.Іващенко, д.т.н. В.Є.Панарін); інші тематичні спрямування, що представлені в монографіях вчених кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки, споріднених Інститутів НАНУ і зарубіжних партнерів.</p>
18	<p>Лекція 16. Оглядова лекція за тематикою програми навчальної дисципліни.</p>

Тематика практичних і лабораторних занять.

Тривалість кожного заняття – 2 години.

1. На заняттях вибірково розглядаються практичні випадки новітніх матеріалів (експеримент і моделювання) – на прикладах дослідницької діяльності вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського та споріднених Інститутів НАН України:

- 1.1. Матеріали для спеціального машинобудування (доц. Є.В. Іващенко, к.т.н. Н.В. Франчик, доц. Г.Г. Лобачова);
- 1.2. Трибологічні матеріали (акад.А.Г. Косторнов);
- 1.3. Матеріали на основі титана для спеціального машинобудування (акад.О.М.Івасишин);
- 1.4. Матеріали для сонячних елементів нового покоління (проект із університетом м. Хуейчжоу, КНР, доц. С.І.Конорев, проект за програмою CRDF Global з Каліфорнійським університетом, США, проф. С.М. Волошко);
- 1.5. Плівкові магнітні матеріали та матеріали для спінтроніки (проф. Ю.М.Макогон, проф. І.А.Владимирський);
- 1.6. Матеріали для новітньої мікроелектроніки (проф. Ю.М.Макогон);
- 1.7. Високоентропійні матеріали (акад.С.О.Фірстов);
- 1.8. Матеріали для атомної енергетики, матеріали для водневої енергетики (акад.Ю.М.Солонін);
- 1.9. Smart materials (розумні матеріали) -- матеріали з ефектом пам'яті форми (чл.-кор.Ю.М.Коваль, доц. Л.Д.Демченко);
- 1.10. Прецезійні сплави (особливого функціонального призначення);
- 1.11. Нові матеріали для термоелектрики (проф. Ю.М.Макогон, к.т.н. Р.А.Шкарбань);
- 1.12. Матеріали із граничними станами і граничними параметрами (доц. А.К.Орлов);
- 1.13. ВТНП матеріали і металеві плівкові контакти (проф. С.М.Волошко, доц. Р.І.Барабаш);
- 1.14. Матеріали для авіаційних (ультразвукова поверхнева обробка) і космічних технологій (проф. С.М.Волошко);
- 1.15. Матеріали для здоров'я людини (доц. В.Є.Іващенко, д.т.н. В.Є.Панарін);
- 1.16. Матеріали за іншими тематичними спрямуваннями, що представлені в монографіях вчених кафедри фізичного матеріалознавства та термічної обробки КПІ ім. Ігоря Сікорського, споріднених Інститутів НАНУ і зарубіжних партнерів.

2. Аналіз сайтів програм ЄС в сфері науки і технологій "Горизонт Європа": приклади успішних міжнародних проєктів в сфері матеріалознавства проривного характеру.

3. Розгляд матеріалів із відеоряду лекцій видатних вчених.

4. Знайомство з матеріалами із прихованими властивостями.

5. Розгляд практичних випадків:

- Енергія кристалічної ґратки;
- Кристалізація і фазові переходи;
- Електричні властивості твердих тіл;
- Дефекти в кристалах і дифузія;

- Термодинаміка магнетиків і процеси намагнічування;
- ФМР. Динаміка процесів перемагнічування феромагнітних плівкових матеріалів;

6. Розгляд фрагментів із відеоряда: "Бази даних (діаграми Ешбі) щодо структури і властивостей матеріалів" (Інноваційний простір Ansys) (<https://innovationspace.ansys.com/courses/>):

- 6.1. Basic Systematic Materials Selection-The Design Process;
- 6.2. Basic Systematic Materials Selection-Materials Selection Methodology;
- 6.3. Basic Systematic Materials Selection-Appling Constraints and Objectives;
- 6.4. Basic Systematic Materials Selection-Case Study- Materials Selection for a Heat Sink;
- 6.5. Intro to Material Structure-Atomic Bonding Basics;
- 6.6. Intro to Material Structure-Crystalline Material Structure;
- 6.7. Intro to Material Structure-Composite Material Structure;
- 6.8. Materials Selection with Ashby Charts-Visualizing Material Properties;
- 6.9. Materials Selection with Ashby Charts-Visual Materials Selection;
- 6.10. Materials Selection with Ashby Charts-Case Study- Applying Visual Materials Selection;
- 6.11. Від макро- до мікро-.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студентів – це невід'ємна складова навчального процесу.

Метою є формування у студентів вмінь та навичок самостійного, науково-творчого підходу при розгляді поставлених наукових тем, завдань.

Згідно робочої програми навчальної дисципліни передбачається підготовка студентами реферату, поєднаного із його захистом в формі презентаційної доповіді.

Написання реферату дозволяє більш глибоко висвітлити ті чи інші завдання за тематикою дисципліни.

Захист реферату відбувається у вигляді доповіді з презентацією в Power Point.

Теми рефератів:

1. Новітні функціональні металеві матеріали з особливими властивостями.
2. Успішні міжнародні проекти в сфері матеріалознавства проривного характеру – в програмі ЄС "Горизонт Європа".
3. Предмет і методологія фундаментальних і природничих наук – міждисциплінарних з матеріалознавством (фізика, хімія, математика, електроніка, інформатика, біологія, медицина, машинобудування).
4. Силіцидні плівкові матеріали для високих технологій мікроприладобудування.
5. Новітні функціональні шаруваті плівкові наноматеріали. Максени.
6. Метастабільні (але кінетично стійкі) структури, фази, нетипові для масивних матеріалів, – з новими властивостями.

7. Матеріали для виробництва, накопичення та зберігання енергії, для вдосконалення технологій акумуляторних батарей.
8. Провідні контакти для сонячних елементів наступного покоління. Перовскітні сонячні батареї.
9. Неорганічні матеріали термоелектрики – властивості матеріалів та системні розробки для застосувань у XXI столітті.
10. Біоінтегровані матеріали як нові рубежі наноматеріалів.
11. Міждисциплінарний підхід до створення нових матеріалів для органічної електроніки: від синтезу до обробки. Характеристики таких матеріалів та фізика приладів з їх використанням.
12. Наноструктури кремнію: від актуальних фундаментальних досліджень до новітніх застосувань.
13. Матеріали на основі монокристалів кремнію для сучасних і майбутніх застосувань.
14. Нові рубежі в лазерних впливах на металеві матеріали. Міждисциплінарний підхід.
15. Паперова електроніка: від матеріалів до застосування. Міждисциплінарний підхід.
16. Новітні матеріали наноелектроніки.
17. Спінтроніка в 2D-матеріалах.
18. Синхротронне випромінювання для фундаментальних досліджень сучасних матеріалів і матеріалів майбутнього.
19. Матеріали для зеленої енергетики. Green Deal.
20. Гібридні матеріали: сучасний стан та обмеження.
21. Біосумісність, біоінертність, біоінтеграція, біотолерантність.
22. Стадійний характер дифузійних перетворень в низькорозмірних системах. Поверхня як "дифузійний насос".

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій, а також відсутність на них – фіксуються, але не оцінюються.

Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки саме на них викладається теоретичний матеріал, необхідний для успішного написання контрольних робіт та для виконання самостійної роботи.

Вимогою для допуску до заліку (іспиту) є наявність індивідуально створеного конспекту лекцій з навчальної дисципліни, практичних і семінарських занять з акцентом на віддзеркаленні в ньому самостійної роботи над матеріалом навчальної дисципліни.

У разі великої кількості пропусків (більше 50% від кількості всіх видів занять), відсутності конспекту лекцій, невчасного виконання (або невиконання) програми

навчальної дисципліни, практичних робіт, семінарських занять, написання контрольних робіт, рефератів, студента може бути не допущено до іспиту (заліку).

Результат модульної контрольної роботи для студента, який не з'явився на контрольний захід (без поважних причин), є нульовим. Повторне написання контрольної роботи не передбачено.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

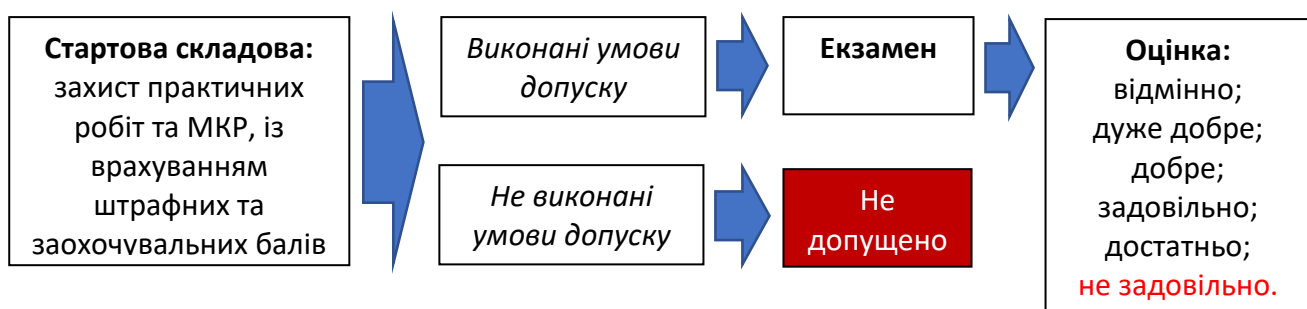
Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

Контрольні заходи:

1. Поточний контроль: виконання практичних робіт, МКР (2 частини).
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Оцінювання результатів навчання слухачів відбувається за схемою:



Таблиця видів контролю та максимальної кількості балів за них.

Вид контролю	Кількість	Максимальна кількість балів за кожну	Максимальна кількість балів
Виконання робіт на практичних заняттях	6	5	30
МКР (2 частини)	2	10	20
Екзамен	1	50	50
Всього			100

Оцінювання виконання практичних завдань:

Критерії	Бали
До виконаного завдання немає зауважень, дані правильні відповіді при перевірці	5
Є не принципові зауваження до виконаного завдання або дані відповіді з помилками при перевірці	4
Є не принципові зауваження до виконаного завдання та дані відповіді з помилками при перевірці	3
Є принципові зауваження до виконаного завдання та/або не дані відповіді (дані неправильні відповіді) при перевірці	робота не здана

МКР поділена на 2 частини та відбувається у вигляді проходження тестів. Кожна частина МКР складається з 10 питань. За кожну правильну відповідь студент отримує 1 бал. Якщо сумарна кількість балів за правильні відповіді менше 6, то ця частина МКР вважається не зданою, при цьому бали не нараховуються. Максимально можлива оцінка за одну частину МКР складає 10 балів. За всі 2 частини – 20 балів.

Умовою допуску до екзамену є виконання всіх практичних робіт, здані 2 частини МКР та сумарний семестровий рейтинг більше 30 балів. Семестровий рейтинг можна підвищити за рахунок заохочувальних балів (максимум на 5) шляхом виконання додаткових індивідуальних завдань (видає викладач). На екзамені слухачу необхідно дати розгорнуті відповіді на 5 питань, кожне з яких оцінюється за наступними критеріями:

Критерії	Бали
правильна відповідь, можливо з несуттєвими зауваженнями, повнота відповіді більша 90%	9-10
є не принципові зауваження, повнота відповіді більша 75%	7-8
є принципові зауваження, але можна вважати що суть питання розкрита, повнота відповіді не менша 60%	6
суть питання не розкрита та/або повнота відповіді менша 60%	0

У випадку коли сумарна оцінка за екзамен менше 30 балів, екзамен вважається не зданим, при цьому бали не нараховуються. Для перескладання екзамену є дві додаткові спроби.

Отриманні слухачем рейтингові бали (максимум 50 балів за роботу в семестрі, та максимум 50 балів за екзамен) 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)

Перелік питань до модульної контрольної роботи та до екзамену (іспиту)/заліку наведені в *додатку А*.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Ухвалено:

кафедрою Фізичного матеріалознавства та термічної обробки НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 11/25 від 12 лютого 2025 р.)

кафедрою Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 9 від 14 лютого 2025 р.)

Погоджено:

Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол № 6/25 від 19 лютого 2025 р.)

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

до модульної контрольної роботи та до екзамену

"Принципи створення металевих наноматеріалів: експеримент і моделювання"

Контрольна робота (частина № 1). Розділ 1. Принципи створення металевих функціональних наноматеріалів на основі методології "тріади Курнакова" та тенденцій розвитку фізичного матеріалознавства у відповідності до потреб міждисциплінарних високих технологій для електроніки, медицини та інших галузей знань.

1. "Тріада Курнакова" як базовий принцип методології матеріалознавства.
2. Дайте визначення поняттю "міждисциплінарність".
3. Міждисциплінарний характер матеріалознавства. В чому він полягає.
4. Міждисциплінарність як тенденція розвитку сучасного фізичного матеріалознавства.
5. Предмет і методологія фундаментальних і природничих дисциплін – міждисциплінарних з фізичним матеріалознавством. Фізика. Хімія. Математика. Електроніка. Інформатика. Біологія. Медицина. Машинобудування.
6. Що таке "функціональні наноматеріали".
7. Наведіть приклади науково-технічних рішень, які виникали на стику фізичного матеріалознавства з іншими науками.
8. Дайте визначення поняття «Матеріали для сталого розвитку». Які матеріали для сталого розвитку ви знаєте.
9. Які специфічні властивості наноматеріалів роблять їх потенційно небезпечними для людини і навколишнього середовища. В чому полягає ця небезпека.
10. Біофункціоналізація наноматеріалів і нанокompatитів.
11. Для яких медичних виробів використовують металічні біоматеріали.
12. Дайте визначення поняттю "корозія". Види поверхневої обробки для боротьби з корозією.
13. Фізичне матеріалознавство та медична інженерія (стоматологія, хірургія, імплантологія). Матеріали, що використовуються в різних галузях медицини.
14. Матеріали та покриття для стоматології.
15. Визначення поняття «матеріали майбутнього». "Поле знань" про матеріали майбутнього, як воно формується.
16. Класифікація «матеріалів майбутнього» (за ознакою: затребуваності у відповідності до глобальних тенденцій розвитку людства; інтервалів типових розмірів елементів структури; функціональності і сфер використання в майбутньому). Приклади.
17. Нові матеріали для ключових технологій XXI сторіччя (пріоритети ФРН, Англії і США): погляд ак. С.О. Фірстова.
18. E-MRS – Європейське матеріалознавче товариство, його складові і щорічні міжнародні конференції в сфері новітнього матеріалознавства.

19.Європейський інститут науки і технологій, інші Європейські структури, європейські наукові конференції. Їх роль у формуванні принципів створення металевих наноматеріалів.

20.Міжнародні наукові видання в сфері новітнього матеріалознавства.

21.Європейський інформаційний ресурс "CORDIS". Журнал "EU-research".

21а. Європейські дослідницькі інфраструктури. Міжнародна наукова мобільність: можливості для молоді в сфері фізичного матеріалознавства.

22.Масштабні європейські проектно-грантові програми ЄС "Горизонт Європа" і РП10, НАТО "Наука заради миру і безпеки", ERASMUS+. Їх пріоритети.

23.Матеріали майбутнього – за сайтами успішних проектів в міжнародних проектно-грантових програмах.

24.Веб-сервіс КПП "Міжнародна мозаїка". Назвіть його складові.

25.Приклади успішних міжнародних проектів проривного характеру в сфері матеріалознавства – за аналізом сайтів програми ЄС в сфері науки і технологій "Горизонт Європа".

26.Пріоритети в сфері наноматеріалів майбутнього – через тематику щорічних конференцій E-MRS Spring Meeting в Страсбурзі та E-MRS Fall Meeting в Варшаві.

27.Приклади державної політики в сфері науки і технологій: Україна, НАТО, Японія, інші країни світу.

28.Поясніть роль ІКТ в галузі створення нових матеріалів.

29.Поясніть, як за допомогою баз даних можна сконструювати новий матеріал.

30.Наведіть приклади, що ілюструють принципи роботи з базами даних.

31.В чому полягають результати досліджень проф. Акаї, Японія, при створенні магнітних матеріалів.

32.Порівняйте підходи "Комп'ютерного конструювання матеріалів" (ККМ) із класичними підходами до створення нових матеріалів.

33.Надайте характеристику "ККМ-двигуна" в роботах вчених КПП ім. Ігоря Сікорського.

34.Що таке пряма та обернена задача комп'ютерного конструювання матеріалів, які розв'язуються в теоретичному матеріалознавстві з використанням ККМ.

35. Назвіть тенденції розвитку сучасного фізичного матеріалознавства.

36.В чому полягають фізико-матеріалознавчі основи "конструювання" – наперед заданого, цілеспрямованого формування складу (хімічного і фазового) і структури (кристалографічної, дефектної, електронно-енергетичної) з метою отримання нових необхідних властивостей.

37.Наведіть приклади: посилення багатокomпонентності, ускладнення складів шаруватих композицій, нетрадиційні сполучення металевих матеріалів з неметалевими, шаруватих композицій, "принцип LEGO" і т.і.

38."Конструювання" в нанорозмірному масштабі. Перехід тонкоплівкових досліджень і технологій в нанорозмірну область.

39.Концептуальні сучасні уявлення про тонкоплівкові металеві матеріали як про матеріали з граничними станами, з граничними параметрами.

40. Посилення теоретичної складової тонкоплівкового матеріалознавства. Робота в віртуальних глобальних науково-інформаційних просторах.
41. Інженерне комп'ютерне конструювання матеріалів. Пряма задача.
42. Інженерне комп'ютерне конструювання матеріалів. Обернена задача.
43. Вплив фундаментальних наукових відкриттів на уявлення сучасного фізичного матеріалознавства.
44. Принципово новий аспект механізмів процесів «випаровування – конденсації» різко анізотропних матеріалів, обумовлений відкриттям "каркасних структур" (графенів, фулеренів, нанотрубок).
45. Аперіодичні структури, що мають квазіперіодичну симетрію з віссю 5-го порядку.
46. Назвіть приклади актуальних наукових задач, що мають міждисциплінарний характер.
47. Наукові основи створення нових технологій в електроніці.
48. Спеціальні функціонально-градієнтні матеріали та системи на їх основі в 3D-просторі.
49. Перспективи тривимірної інтеграції в силіцидних технологіях. В чому полягають наукові основи розвитку таких технологій.
50. Характеристика матеріалів I-VI технологічних укладів. Цикли Кондратьєва.
51. Спрямоване формування структури через варіацію фізико-технологічних параметрів процесів одержання тонкоплівкових матеріалів.
52. Цілеспрямоване формування структурно-концентраційних та концентраційно-фазових неоднорідностей – як принцип конструювання металевих наноматеріалів.
53. Приклади технологій нових матеріалів для мікроприладобудування (на основі патентів вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського) – як реалізуються принципи створення.
54. Концептуальні сучасні уявлення про тонкоплівкові металеві матеріали як про матеріали з граничними станами, з граничними параметрами. Класифікація граничних станів: топологічні, структурно-кристалографічні, просторово-композиційні.
55. Матеріали в екстремальних станах.
56. В чому полягає інтенсифікація умов отримання і обробки в новітніх матеріалознавчих технологіях.

Контрольна робота (частина № 2).

Розділ 2. Натурні та обчислювальні експерименти у відповідності до завдань по реалізації принципів створення металевих функціональних наноматеріалів – на прикладі дослідницької діяльності вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського та споріднених Інститутів НАН України.

1. Комп'ютерне матеріалознавство – сучасний метод дослідження і проектування нових матеріалів. Які завдання воно вирішує.
2. Яку роль відіграє обчислювальний експеримент в створенні нових матеріалів. Приклади.
3. Робота в віртуальних глобальних науково-інформаційних просторах. В чому вона полягає.

4. Чим відрізняється структура комп'ютерної моделі від математичної.
5. Визначення імітаційного моделювання, його можливості.
6. Чому використання ІКТ є важливим для майбутніх дослідників-матеріалознавців.
7. Яку роль відіграє комп'ютерне моделювання в фізичному матеріалознавстві.
8. Які можливості відкриває використання ІКТ у оволодінні навичками професійної діяльності в сфері фізичного матеріалознавства.
9. Накопичення знань у глобальних інформаційних мережах. Бази даних в сфері матеріалознавства. Приклади.
10. Наведіть приклади застосування ІКТ для цілей освіти та науки в області матеріалознавства.
11. Поясніть суть експериментів в методі молекулярної динаміки.
12. Що таке "адіабатичне наближення".
13. Спрямоване формування структури через варіацію фізико-технологічних параметрів процесів одержання тонкоплівкових матеріалів.
14. Роль механічних напружень в силіцидних технологіях. Приклади.
15. Роль домішок в силіцидних технологіях. Приклади.
16. "Контакти" (в широкому сенсі) – межі розділу між шарами (зовнішні і внутрішні). Приклади проміжних і дифузійно-контролюючих шарів.
17. Формування метастабільних фаз з бажаними властивостями і розробка способів їх стабілізації. Приклади.
18. Прогнозування розвитку процесів, контрольованих дифузією. Експериментальне підтвердження багатостадійної моделі для матеріалів в нано- і субнанотовщинному діапазоні товщин.
19. Експериментальне підтвердження ролі процесів на зовнішній поверхні як "дифузійного насосу".
20. Математичний опис дифузії в тонкошарових системах в новій постановці.
21. Тонкі металеві плівки. Роль фактора нанорозмірності.
22. Силіцидні плівкові матеріали для високих технологій мікроприладобудування.
23. Новітні шаруваті наноматеріали. Максени.
24. Експериментальні роботи вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського: метастабільні, але кінетично стійкі стани, структури, фази, в металевих вакуумно конденсованих шарах, – нетипові для масивних матеріалів, з новими властивостями.
25. Механічні напруження в тонкоплівкових матеріалах. Приклади.
26. Роль домішок в процесах структурно-фазових перетворень в матеріалах. Приклади.
27. Роботи вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського в сфері сонячних елементів і технології "чорного кремнія".
28. Ультразвукова ударна обробка (УЗУО) легких сплавів: наноструктурування поверхневих шарів. Роботи вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського.
29. УЗУО в технологіях покращення характеристик ударних БПЛА для цілей оборони України.

30. Магнітні тонкоплівкові матеріали в технологіях елементів з надвисокою щільністю зберігання інформації.
31. Приклади матеріалів із прихованими властивостями (можливостями).
32. Охарактеризуйте (на вибір) два матеріали в контексті вимог спеціального машинобудування майбутнього:
- На що очікує людство (д-р Мичко Каку – фізик-теоретик, футуролог) – через прогноз Всесвітнього банку патентів Derwent;
 - Термоядерная енергетика;
 - Геліоенергетика та сонячні батареї;
 - Матеріали для акумуляторів як матеріали для сталого розвитку (Li-йонні акумулятори);
 - Зовнішні жорсткі диски (HDD) в елементній базі комп'ютерної техніки;
 - Авіаційні технології і матеріали для надзвукової цивільної авіації;
 - Матеріали в масштабних проєктах світового рівня;
 - Джейс Кемерон і Ричард Бренсон: матеріали для апаратів вивчення глибин океанів;
 - 3D-друк;
 - Високі медичні технології;
 - Матеріали в нафтогазодобувній промисловості;
 - інші.
33. Охарактеризуйте (на вибір) матеріали майбутнього – на прикладах дослідницької діяльності вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського та споріднених Інститутів НАН України:
- 33.1. Матеріали для спеціального машинобудування (доц. Є.В. Іващенко, к.т.н. Н.В. Франчик, доц. Г.Г. Лобачова);
 - 33.2. Трибологічні матеріали (акад. А.Г. Косторнов);
 - 33.3. Матеріали на основі титана для спеціального машинобудування (акад. О.М. Івасишин);
 - 33.4. Матеріали для сонячних елементів нового покоління (проєкт із університетом м. Хуейчжоу, КНР, доц. С.І. Конорев, проєкт з Каліфорнійським університетом, США, за програмою CRDF Global, проф. С.М. Волошко);
 - 33.5. Плівкові магнітні матеріали та матеріали для спінтроніки (проф. Ю.М. Макогон, проф. І.А. Владимирський);
 - 33.6. Матеріали для новітньої мікроелектроніки (проф. Ю.М. Макогон);
 - 33.7. Високоентропійні матеріали (акад. С.О. Фірстов);
 - 33.8. Матеріали для атомної енергетики, матеріали для водневої енергетики (акад. Ю.М. Солонін);
 - 33.9. Smart materials (розумні матеріали) -- матеріали з ефектом пам'яті форми (чл.-кор. Ю.М. Коваль, доц. Л.Д. Демченко);
 - 33.10. Прецезійні сплави (особливого функціонального призначення);
 - 33.11. Нові матеріали для термоелектрики (проф. Ю.М. Макогон, к.т.н. Р.А. Шкарбань);

- 33.12. Матеріали із граничними станами і граничними параметрами (доц. А.К.Орлов);
- 33.13. ВТСП матеріали і металеві плівкові контакти (проф. С.М.Волошко, доц. Р.І.Барабаш);
- 33.14. Матеріали для авіаційних (ультразвукова поверхнева обробка) і космічних технологій (проф. С.М.Волошко);
- 33.15. Матеріали для здоров'я людини (доц. В.Є.Іващенко, д.т.н. В.Є.Панарін);
- 33.16. Матеріали за іншими тематичними спрямуваннями, що представлені в монографіях вчених КПІ ім. Ігоря Сікорського, споріднених Інститутів НАНУ і зарубіжних партнерів.

Опис дисципліни

Принципи створення металевих наноматеріалів: експеримент та моделювання	
Рівень ВО	Другий (магістерський)
Курс	2 (3 семестр)
Обсяг дисципліни та розподіл годин аудиторної та самостійної роботи	4 кредити ЄКТС (120 академічних годин), 54 години аудиторних занять, 66 годин самостійної роботи
Мова викладання	Українська
Кафедра	Фізичного матеріалознавства та термічної обробки
Вимоги до початку вивчення (міждисциплінарні зв'язки)	Навчальна дисципліна використовує знання та вміння, набуті у ході вивчення курсів усього циклу підготовки бакалаврів за спеціальністю 132 Матеріалознавство.
Що буде вивчатися	Принципи створення наноматеріалів на основі методології "тріади Курнакова" та тенденцій розвитку фізичного матеріалознавства у відповідності до потреб міждисциплінарних високих технологій для електроніки, медицини та інших галузей знань. Підходи проведення натурних та обчислювальних експериментів, за результатами яких формуються наукові основи високих технологій – з точки зору міждисциплінарної методології гармонійного розвитку суспільства (сталого розвитку).
Чому це цікаво/треба вивчати	Завдяки засвоєнню змісту дисципліни студенти зможуть виявляти наукову сутність проблем з матеріалознавства, знаходити ефективні шляхи щодо їх розв'язання, шляхом проведення досліджень та аналізу їх результатів.
Чому можна навчитися (результати навчання)	Розробляти, досліджувати та використовувати фізичні та математичні моделі для проєктування нових наноматеріалів. Встановлювати взаємозв'язки між структурою та властивостями наноматеріалів на основі натурних експериментів та комп'ютерних симуляцій.
Як можна користуватися набутими знаннями і вміннями (компетентності)	Здобувачі зможуть застосовувати наукові основи нанотехнологій для створення та використання наноматеріалів, застосовувати методологію проведення натурних та обчислювальних експериментів для встановлення взаємозв'язків між структурою на наномасштабному рівні та властивостями наноматеріалів.
Інформаційне забезпечення	Силабус дисципліни, РСО, методичні вказівки, посилання на корисну інформацію в інтернет, контрольні питання та завдання
Форма проведення занять	Лекції в режимі відеоконференцій на платформі Zoom. Теоретичні матеріали та презентації дублюються на електронну пошту групи. Консультації відбуваються в режимі відеоконференцій на платформі Zoom. Поточний та семестровий контроль через кампус.
Семестровий контроль	Залік