

Силабус
по вивченню дисципліни «Наноструктурні матеріали: структура, властивості, перспективи використання» для аспірантів, спеціальність 132 «Матеріалознавство»
Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Рішенням Вченої ради Інституту
надтвердих матеріалів
ім. В. М. Бакуля НАН України,
від 27.11.2025 р. прот. № 9.

1. Викладачі

Беженар Микола Павлович, д.т.н., старший науковий співробітник.

Контактний телефон: (096) 776-66-83; bezhenar@ism.kiev.ua

Наукові інтереси: Дослідження фізико-хімічних процесів в твердій фазі і розплавах, вивчення взаємодії надтвердих речовин з газами і рідким середовищем при формуванні в широкому діапазоні температур і тисків монокристалічних, полікристалічних, дисперсних, плівкових надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору, композитів на їх базі. Вивчення структури і властивостей синтезованих матеріалів. Фізичні дослідження кристалів сучасними методами.

Андрєєв Ігор Вікторович, к.т.н., с.н.с.

Контактний телефон: (044) 430-35-05; aigor@i.ua

Наукові інтереси: теоретичні основи створення та технології виробництва композиційних матеріалів на основі тугоплавких сполук і надтвердих матеріалів; розробка нового обладнання і оснащення для промислового виробництва твердосплавних деталей для апаратів високого тиску, підшипників ковзання, бурового інструменту.

Пащенко Євген Олександрович, д.т.н., професор.

Контактний телефон: (067) 501-92-53; lab6_1@ism.kiev.ua

Наукові інтереси: розробка абразивних композитів, а також матеріалів і покриттів широкого призначення з порошків алмазу і кубічного нітриду бору з використанням єднального різної фізико-хімічної природи, вивчення і інженерія структури і функціональної поведінки композиційних матеріалів; вивчення автохвильових і кооперативних хімічних та деформаційних процесів в енергетично збудженому твердому тілі; створення теоретичних основ і технологій отримання адаптивних композиційних матеріалів, здатних до зворотної зміни будови і властивостей в змінних зовнішніх умовах.

Фесенко Ігор Павлович, д.т.н., старший науковий співробітник.

Контактний телефон: - ; -

Наукові інтереси: створення консолідованих композиційних функціональних і конструкційних матеріалів, властивості яких визначаються цілеспрямовано сформованою структурою, із застосуванням техніки високих та підвищених тисків, вакуумного і компресійного спікання, дослідження структури, фундаментальних фізико-хімічних характеристик створених матеріалів, встановлення взаємозв'язків між умовами отримання, структурою і властивостями, розробка нових промислових технологій.

Філатов Юрій Данилович, д.т.н., професор.

Контактний телефон: (097) 247-95-94; filatov@ism.kiev.ua

Наукові інтереси: Вивчення фізико-хімічних закономірностей полірування оптичних поверхонь діелектриків, напівпровідників і металів за допомогою дисперсних систем з мікро- і нанопорошків, дослідження закономірностей утворення, взаємодії і розсіювання наночастинок зносу оброблюваного матеріалу (шламу) і наночастинок зносу полірувального порошку в системі «оброблювана поверхня-дисперсна система-поверхня притира» та розробка методів розрахунку продуктивності знімання оброблюваного матеріалу, параметрів шорсткості полірованих поверхонь і ймовірності утворення нальоту з наночастинок зносу на поверхні, що полірується, і поверхні притира.

Логінова Ольга Борисівна, д.х.н., старший науковий співробітник.

Контактний телефон: (044)468-86-41; Loginova@nas.gov.ua

Наукові інтереси: Дослідження процесів отримання надтвердих матеріалів при високих тисках; дослідження електрофізичних властивостей надтвердих матеріалів; вивчення структури і фазового складу надтвердих матеріалів методами рентгенівської дифрактометрії; дослідження теплофізичних процесів.

2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«Наноструктурні матеріали: структура, властивості, перспективи використання», спеціальність G8 «Матеріалознавство», спеціалізація «Матеріалознавство», кількість кредитів – 4(5).

3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

ІНМ ім. В. М. Бакуля НАН України; відповідно до розкладу.

| Викладач | Час проведення (кількість) лекції (корп. 2, кімн. 303) | |
|---------------|---|-------------------|
| | 1 курс (модуль 1) | 2 курс (модуль 2) |
| Беженар М.П. | | |
| Філатов Ю.Д. | | |
| Фесенко І.П. | | |
| Андреев І.В. | | |
| Логінова О.Б. | | |
| Пашенко Є.О. | | |

4. Пререквізити навчальної дисципліни: знати основні поняття матеріалознавства, володіти знаннями основні закономірності створення наноматеріалів, про зміну структури та властивостей матеріалів в залежності від розміру структурних компонентів; володіти методами керування властивостями матеріалів використовуючи різні технології їх отримання; знати основні підходи при оцінюванні варіантів створення наноматеріалів інструментального та функціонального призначення та факторів локального і глобального впливу на їх структуру та властивості; володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі технічних наук; знати основні закономірності та принципи застосування високого тиску при створенні сучасних інструментальних і конструкційних композиційних наноматеріалів у виробничому комплексі; вміти використовувати сучасні інформаційні джерела національного та міжнародного рівня для оцінки стану вивченості об'єкту досліджень і актуальності наукової проблеми; мати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень з матеріалознавства.

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання основ закономірностей створення наноматеріалів, створення основних композиційних матеріалів, у тому числі з надтвердими, з використанням уявлень щодо розмірів їх структурних складових; отримання наноматеріалів з певними властивостями (електричними, механічними, тепловими та іншими); на основі законів фізики та технічних дисциплін передбачати отримання наноматеріалів з наперед заданими властивостями; особливості побудови композиційних наноматеріалів, технологічні підходи до отримання композиційних наноматеріалів; сучасні методи вивчення структури та властивостей композиційних наноматеріалів; проектувати, аналізувати і вибирати технології отримання композиційних наноматеріалів; читати та оформляти технічну документацію; використовувати отримані знання при виконанні дослідження та захисті її результатів у вигляді дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії.

5. Вимоги навчальної дисципліни.

Вивчення курсу «Наноструктурні матеріали: структура, властивості, перспективи використання», являється обов'язковим. Об'єм навчального навантаження складає 4(5) кредитів із них 48(60) годин – лекції, 72(90) години – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкове відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісне і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

6. Характеристика дисципліни.

Завдання учебної дисципліни. Освоїти сучасні уявлення щодо композиційних матеріалів, у тому числі з надтвердими складовими.

Мета викладання дисципліни – опанування новітніми знаннями щодо створення та властивостей сучасних композиційних матеріалів – фізико-механічних, хімічних

властивості, експлуатаційних.

План викладання дисципліни:

| Назва змістовних модулів і тем | Кількість годин | | |
|---|-----------------|--------------|---------------------------|
| | усього | у тому числі | |
| | | аудиторні | само- стійна робота |
| Модуль 1 – 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17 (1-15) | | | |
| Змістовний модуль 1. Спінання нанопорошків кубічного нітриду бору | | | |
| Тема 1. Особливості формування полікристалів під час спікання за високого тиску порошків кубічного нітриду бору різної дисперсності (Беженар М.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 2. Аналіз рушійних сил процесу спікання порошків кубічного нітриду бору мікро- і нанодіапазонів за високого тиску (Беженар М.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 3. Спінання нанопорошків кубічного нітриду бору під дією високого тиску і високої температури (Беженар М.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 2. Наноструктурні керамічні матеріали | | | |
| Тема 4. Надпровідні наноструктурні матеріали на основі MgB_2 та $MT-YBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ з високими функціональними характеристиками для електродвигунів з надпровідним струмом та індуктивних обмежувачів струму короткого замикання (Фесенко І.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 5. Окислювальностійкі вогнетривкі наноламінати Ti_3AlC_2 з високою демпфуючою здатністю та високощільними твердими розчинами МАХ фаз $Ti_2Al_{1.1}(C_xN_{(1-x)})_y$ (Фесенко І.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 6. Лінії лиття під тиском виробів з мікро- та нанодисперсних вогнетривких порошків та їх сумішей з термопластичними матеріалами (Фесенко І.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 3. Модифікування поруватих матричних матеріалів наночастинками різної фізико-хімічної природи методом адсорбції з колоїдних розчинів | | | |
| Тема 7. Моделювання методом ґраткових рівнянь Больцмана (Lattice Boltzmann method, LBM) поведінки крапель рідин на гетерогенних поверхнях. | 5 | 2 | 3 |

| | | | |
|--|---|---|---|
| (Логінова О.Б.) | | | |
| Тема 8. Отримання структурно-сорбційних характеристик об'єктів дослідження (питома поверхня, розподіл пор за розмірами, структура і склад функціональних груп та дефектів на поверхні вихідного зразка, гідрофільність поверхні) (Логінова О.Б.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 9. Вплив методів модифікування поверхні матеріалів на їх адсорбційні властивості (Логінова О.Б.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 4. Механізм формування структури твердого сплаву WC-Co | | | |
| Тема 10. Виготовлення порошку металевого вольфраму та одержання порошку монокарбиду вольфраму різної дисперсності (Андрєєв І.В.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 11. Технології приготування сумішей порошків карбідів з металами та одержання заготовок для спікання (Андрєєв І.В.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 12. Механізм ущільнення пористого тіла під час спікання сумішей порошків карбиду вольфраму і кобальту різної дисперсності (Андрєєв І.В.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 5. Структура і властивості пористих матриць на основі діоксиду кремнію | | | |
| Тема 13. Формування міжфазної поверхні розділення в композитах матричного типу (Пащенко Є.О.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 14. Адсорбційно-активні центри поверхні пористих матриць (Пащенко Є.О.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 15. Працездатність шліфувального інструменту на основі композитів матричного типу (Пащенко Є.О.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 6. Полірування оптичних поверхонь за допомогою мікро- і нанопорошків | | | |
| Тема 16. Знімання оброблюваного матеріалу під час полірування оптичних поверхонь (Філатов Ю.Д.): - кластерна модель зношування поверхні під час полірування; - фізико-статистична модель утворення | 5 | 2 | 3 |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>наночастинок зносу; - теорія міжмолекулярної взаємодії Дерягіна-Ландау-Фервея-Овербека (DLVO); - теорія Ферстерівського резонансного перенесення енергії (FRET)) від частинок полірувального порошку до оброблюваної поверхні; - утворення наночастинок зносу в мікрорезонаторі, утвореному поверхнями частинки полірувального порошку і оброблюваної деталі.</p> | | | |
| <p>Тема 17. Закономірності полірування оптичних поверхонь (Філатов Ю.Д.): - залежність швидкості знімання оброблюваного матеріалу від діелектричних, спектроскопічних і реологічних властивостей матеріалів деталі, притира, полірувального порошку і дисперсного середовища; - залежність точності формоутворення оптичних поверхонь від режимних параметрів полірування і кінематичних параметрів налагодження верстата; - залежність параметрів шорсткості полірованої поверхні від розміру частинок зносу оброблюваного матеріалу.</p> | 5 | 2 | 3 |
| Модуль 2 – 1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 16, 17 (1-15) | | | |
| Змістовний модуль 7. Активація спікання порошків кубічного нітриду бору | | | |
| <p>Тема 1. Вплив зменшення розміру вихідних порошків кубічного нітриду бору на їхнє ущільнення під дією високого тиску та високої температури (Беженар М.П.)</p> | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 2. Міграція рідкої фази під час спікання порошків кубічного нітриду бору методом просочування в умовах високих тисків і температур (Беженар М.П.)</p> | 5 | 2 | 3 |
| <p>Тема 3. Взаємодія порошків кубічного нітриду бору і компонентів зв'язки за високого тиску і високої температури (Беженар М.П.)</p> | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 8. Алюмонітридні функціональні матеріали, одержані з нанодисперсних та мікронних порошків | | | |
| <p>Тема 4. Закономірності одержання та</p> | 5 | 2 | 3 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| властивості монофазних матеріалів з нанопорошку AlN (Фесенко І.П.) | | | |
| Тема 5. Керамічні композиційні матеріали на основі AlN (Фесенко І.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 6. Композиційні матеріали на основі AlN для поглинання мікрохвильового випромінювання (Фесенко І.П.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 9. Нанесення наночастинок методом адсорбції з розчинів на вихідні поверхні вуглецевих фаз різного походження для їх подальшого практичного використання | | | |
| Тема 7. Визначення оптимальних умов нанесення НЧ різної фізико-хімічної природи методом адсорбції з розчинів на поверхню вуглецевих матеріалів. (Логінова О.Б.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 8. Розділення алмазних шліфпорошків в магнітному полі після модифікації поверхні наночастинками методом адсорбції з розчинів (Логінова О.Б.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 9. Надання антибактеріальних та антивірусних властивостей матеріалам медичного призначення нанесенням суміші НЧ Ag та Cu методом адсорбції з водних розчинів (Логінова О.Б.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 10. Методи контролю якості вихідних порошків та твердого сплаву WC-Co | | | |
| Тема 10. Оптичні та електронно-мікроскопічні методи дослідження дисперсності, характеристик структури вихідних порошків та спеченого твердого сплаву (Андрєєв І.В.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 11. Дослідження фазового складу, структури, рівня мікронапружень спеченого твердого сплаву методом дифракції рентгенівських променів (Андрєєв І.В.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 12. Методи визначення механічних властивостей спеченого твердого сплаву (Андрєєв І.В.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 11. Застосування контактано-активних матеріалів для формування абразивних композитів на полімерній основі | | | |
| Тема 13. Механізм розриву зв'язків в тонких | 5 | 2 | 3 |

| | | | |
|--|----------|--------|--------|
| шарах полімерів в динамічній контактній зоні (Пащенко Є.О.) | | | |
| Тема 14. Імпульсна теплостійкість зв'язувальних компонентів як критерій рівня функціональних характеристик полімер-абразивних композитів (Пащенко Є.О.) | 5 | 2 | 3 |
| Тема 15. Працездатність абразивних композитів, які формують активні технологічні середовища в зоні різання (Пащенко Є.О.) | 5 | 2 | 3 |
| Змістовний модуль 12. Закономірності взаємодії наночастинок шламу і наночастинок зносу полірувального порошку | | | |
| Тема 16. Закономірності взаємодії і розсіювання наночастинок шламу і наночастинок зносу полірувального порошку під час полірування (Філатов Ю.Д.): - Емерджентні властивості наночастинок шламу і наночастинок зносу полірувального порошку; - Диференціальний і повний перерізи розсіювання наночастинок шламу і наночастинок зносу полірувального порошку; - Утворення нальоту з наночастинок шламу і наночастинок зносу полірувального порошку на поверхнях деталі, що полірується, і притира. | 5 | 2 | 3 |
| Тема 17. Розробка методів розрахунку показників полірування і ймовірності утворення нальоту на поверхнях деталі і притира (Філатов Ю.Д.): - Визначення продуктивності знімання оброблюваного матеріалу і інтенсивності зношування частинок полірувального порошку; - Визначення параметрів шорсткості полірованої поверхні методом комп'ютерного моделювання; - Розрахунок ймовірності утворення і локалізації фрагментів нальоту з розсіювання наночастинок шламу і наночастинок зносу полірувального порошку на оброблюваній поверхні і поверхні притира. | 5 | 2 | 3 |
| Разом | 120(150) | 48(60) | 72(90) |

7. Контроль знань

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування та залік. Залік проводиться на другому році навчання.

Залікове оцінювання виконує кожний викладач, який викладає курс, протягом навчального періоду і при індивідуальному опитуванні після проведення остатнього заняття. Загальне рішення щодо заліку приймає завідувач випускаючої кафедри після отримання рішень від усіх викладачів.

Відповідно до розкладу дата отримання рішення щодо заліку – травень-червень 2025 р.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Бали | Оцінки |
|----------|--------------|
| 95...100 | відмінно |
| 85...94 | дужеобре |
| 75...84 | добре |
| 65...74 | задовільно |
| 60...64 | достатньо |
| Менше 60 | незадовільно |

8. Список базової літератури

1. Курдюмов А.В., Пилянкевич А.Н. Фазовые превращения в углероде и нитриде бора. Київ: Наук. думка, 1979. 185 с.
2. Кислый П.С., Кузенкова М.А. Спекание тугоплавких соединений. Київ: Наук. думка, 1980. 168 с.
3. Керметы / П.С. Кислый, Г.К. Козина, Я.А. Крыль и др. Київ: Наукова думка, 1985. 271 с.
4. Бондаренко В.П. Триботехнические композиты с высокомолекулярными наполнителями. Київ: Наукова думка, 1987. 232 с.
5. Шило А.Е., Пащенко Е.А. Оксидополимерные материалы матричного типа. Київ: Наукова думка, 1989. 168 с.
6. Алешин В.Г., Смехнов А.А., Богатырева Г.П., Крук В.Б. Химия поверхности алмаза. Київ: Наукова думка, 1990. 200 с.
7. Никитин Ю.И., Уман С.М., Коберниченко Л.В., Мартынова Л.М. Порошки и пасты из синтетических алмазов. Київ: Наукова думка, 1992. 283 с.
8. Синтез, спекание и свойства кубического нитрида бора / А.А. Шульженко, С.А. Божко, А.Н. Соколов, И.А. Петруша, Н.П. Беженарь, А.И. Игнатуша. Київ: Наукова думка, 1993. 255 с.
9. Бондаренко В.П., Павлоцкая Э.Г. Спекание вольфрамовых твердых сплавов в прецизионно контролируемой газовой среде. Київ: Наукова думка, 1995. 202 с.
10. Сверхтвердые материалы Получение и применение. В 6 т. / под общ. ред. Н.В. Новикова. Т. 2: Структура и свойства СТМ, методы исследования / под ред. В.М. Перевертайло. Київ: ІВЦ АЛКОН, 2004. 287 с.
11. Поперенко Л.В., Філатов Ю.Д. Технологія обробки оптичних поверхонь: навч. посіб. Київський національний університет імені Тараса Шевченка. Київ, 2004. 166 с.
12. Алюмонітридні функціональні матеріали, одержані з нанодисперсних та мікронних порошоків гарячим пресуванням та вільним спіканням / І.П. Фесенко, М.М. Прокопів, В.І. Часник та ін. Київ: ІВЦ АЛКОН, 2015. 172 с.
13. Філатов Ю.Д., Сідорко В.І., Філатов О.Ю., Ковальов С.В. Фізичні засади

формоутворення прецизійних поверхонь під час механічної обробки неметалевих матеріалів. Київ: Наук. думка, 2017. 248 с.

14. Електроспінання керамічних матеріалів / А. Л. Майстренко, В. Г. Кулич, В. А. Дутка, О. І. Боримський, Д. А. Стратійчук. Київ: Наукова думка, 2022. 296 с.

ПОГОДЖЕНО

Завідувач кафедри

чл.-кор. НАН України, д.т.н., проф.



О.О. Бочечка