

Силабус
по вивченню дисципліни «Методи дослідження фазового складу,
структури та фізико-механічних властивостей матеріалів» для
аспірантів, спеціальність 132 «Матеріалознавство»
Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інституту надтвердих
матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН
України,
академік НАН України



В.З. Туркевич
«20» січня 2021 р.

1. Викладачі

Бочечка Олександр Олександрович, д.т.н., старший науковий співробітник.

Контактний телефон: (044) 379-14-47; bochchka@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 і композитів на їх основі. Вивчення структури і властивостей синтезованих матеріалів. Фізичні дослідження кристалів сучасними методами.

Гаращенко Віктор Володимирович, к.ф.-м.н.

Контактний телефон: (073) 466-18-21; tkach@ism.kiev.ua

Наукові інтереси: Растрова електронна мікроскопія, рентгенівський аналіз, дифракція променів широко розповсюдженого пучка на площинах решітки монокристалів.

Майстренко Анатолій Львович, член-кореспондент НАН України, д.т.н., професор.

Контактний телефон: (044) 432-95-44; almaystrenko@voliacable.com

Наукові інтереси: Дослідження міцності структурно-неоднорідних матеріалів і комп'ютерне моделювання фізико-механічних властивостей надтвердих композитів з урахуванням їх структурного стану і технологічної спадковості, а також розробки нових технологічних методів спікання композиційних алмазовмістних матеріалів (КАМ) для породоруйнівних інструментів.

Дуб Сергій Миколайович, д.т.н., старший науковий співробітник.

Контактний телефон: (044) 462-91-51; DubSM1954@nas.gov.ua

Наукові інтереси: Наноіндентування; механічна поведінка і механічні властивості матеріалів на наномаштабному рівні; визначення тріщиностійкості керамічних матеріалів методом індентування; тріщиностійкість монокристалів алмазу та кубічного нітриду бора; механічні властивості а-С:Н покриттів на полімерах; фазові перетворення в монокристалах кремнію і германію під дією високого тиску під індентором; визначення межі твердості та межі текучості матеріалів на наномаштабному рівні; розмірний ефект твердості.

2. Назва, код дисципліни та кількість кредитів.

«Методи дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів» спеціальність 132 «Матеріалознавство», Код: 132, кількість кредитів – 5.

3. Місце проведення навчальної дисципліни та час.

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

Розділ дисципліни, викладач	Час проведення лекції (корп. 2, кімн. 301)	
	1 курс (модуль 1)	2 курс (модуль 2)
Методи дослідження фазового складу матеріалів властивості. Бочечка О.О.		17.02.21 – 9-00 24.03.21 – 9-00
Методи дослідження структури матеріалів. Гаращенко В.В.		10.02.21 – 11-00 24.02.21 – 9-00 26.04.21 – 9-00 17.05.21 – 11-00 09.06.21 – 11-00 16.06.21 – 9-00
Методи дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів. Майстренко А.Л.		28.04.21 – 11-00 23.06.21 – 11-00
Дослідження механічних властивостей матеріалів методами індентування. Дуб С.М.		03.02.21 – 9-00 01.03.21 – 9-00 01.04.21 – 9-00 12.05.21 – 9-00 07.06.21 – 11-00

4. Пререквізити навчальної дисципліни: вміти визначити об'єкт і суб'єкт, предмет досліджень, використовуючи гносеологічні підходи до розв'язання технічних проблем.; описати закономірності та принципи виготовлення і застосування сучасних інструментальних і конструкційних матеріалів у виробничому комплексі; знати фізичну сутність явищ в досліджуваних матеріалах і елементах; знати класифікацію сучасних матеріалів за складом, властивостями і областями застосування; знати основні фізико-механічні, поверхневі властивості надтвердих матеріалів; структуру і властивості основних типів керамічних функціональних

матеріалів, в тому числі наноматеріалі; основні зв'язки між структурою матеріалів і технологічними процесами, які забезпечують задання структури і властивостей матеріалів; основні типи обладнання і оснастки для визначення основних фізичних характеристик матеріалів.

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни будуть навички для ефективного використання обладнання для досліджень фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів; вміння аналізувати результати досліджень та мати уявлення щодо тенденцій розвитку методів вивчення фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів; аналізувати і вибирати методи дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів відповідно до цілей дослідження; розробляти підходи для створення нових матеріалів та визначення факторів локального і глобального впливу на їх структуру та властивості; класифікувати та визначати області застосування нових конструкційних і інструментальних матеріалів, їх переваги та недоліки у порівнянні з традиційними матеріалами; використовувати отримані знання для більш глибокого вивчення конкретних областей матеріалознавства і технологій нових матеріалів; володіти навичками експериментальної дослідницької роботи; використовувати знання при виконанні дослідження та захисті його результатів у вигляді дисертації на здобуття наукового ступеню доктора філософії.

5. Вимоги навчальної дисципліни.

Вивчення курсу «Методи дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів» являється обов'язковим. Об'єм навчального навантаження складає 5 кредитів із них 60 годин – лекції, 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 учбової дисципліни. Освоїти теоретичні та практичні основи сучасних методів дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів.

Мета викладання дисципліни – опанування новітніми знаннями щодо сучасних методів дослідження фазового складу, структури та фізико-механічних властивостей матеріалів.

План викладання дисципліни:

Назва змістовних модулів і тем	Кількість годин		
	усього	у тому числі	
		аудиторні	само- стійна робота
Модуль 1			
Змістовний модуль 1. Методи дослідження фазового складу матеріалів			

<p>Тема 1. Рентгенівська дифрактометрія (Бочечка О.О.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – умова Вульфа–Брегга; – метод Дебая-Шеррера. Метод Лауе; – фокусування рентгенівських променів за схемою Брегга-Брентано для дослідження полікристалічних зразків; – визначення механізму фізичного розширення дифракційних ліній; – визначення розмірів областей когерентного розсіювання; – рентгенографічне визначення механічних напружень. 	5	2	3
<p>Тема 2. Просвічувальна електронна мікроскопія. Локальний рентгеноспектральний аналіз (Бочечка О.О.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – підготовка зразків для дослідження методом; – ПЕМ; – абсорбційний контраст; – дифракційний контраст; – амплітудний контраст; – фазовий (інтерференційний) контраст; – характеристичне рентгенівське випромінювання; – серії спектра характеристичного випромінювання; – ідентифікація хімічних елементів за спектрами характеристичного випромінювання. 	5	2	3
Змістовний модуль 2. Методи дослідження структури матеріалів			
<p>Тема 3, 4. Сучасна растрова електронна мікроскопія у матеріалознавстві (Гаращенко В.В.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – призначення растрового електронного мікроскопу; – будова растрового електронного мікроскопу: катодний блок (джерело постачання електронів, принцип його роботи), колони мікроскопів аналогового та цифрового типів, відмінності у їх роботі (камебакс. мікроскан, стереоскан, ВС-340, прилади фірми Джеол, Цеїсс та інші); робочий столик, способи керування ним. 	10	4	6
<p>Тема 5, 6. Методи вимірювання геометричних параметрів нанорозмірних частинок (Гаращенко В.В.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – визначення величини питомої поверхні 	10	4	6

<p>методом Брунера, Еммета, Теллера (БЕТ) та оцінка розміру частинок на основі одержаних даних;</p> <ul style="list-style-type: none"> – оцінка розміру нанорозмірних частинок за даними уширення рентгенівських дифракційних ліній; – вимірювання геометричних параметрів нанорозмірних частинок методом СЕМ. 			
<p>Тема 7. Обладнання для растрової електронної мікроскопії (Гаращенко В.В.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – блоки управління лінзами мікроскопа. Високовольтний модуль; – блоки управління юстирувальними котушками і стигма тором; – блоки управління живлення детекторів. Контролер переміщення столика об'єктів. 	5	2	3
Змістовний модуль 3. Методи дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів			
<p>Тема 8. Методи дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів (Майстренко А.Л.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – методи спікання композиційних алмазовмісних та керамічних матеріалів; – експериментальні методи визначення фізико-механічних властивостей матеріалів; – дослідження фазового складу та структури твердих сплавів, композиційних алмазовмісних та керамічних матеріалів. 	5	2	3
<p>Тема 9. Загальні щодо уявлення руйнування надтвердих композиційних матеріалів (Майстренко А.Л.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – фізико-механічні властивості твердих сплавів, композиційних алмазовмісних та керамічних матеріалів; – експериментальне визначення тріщиностійкості надтвердих та керамічних матеріалів. 	5	2	3
<p>Тема 10. Моделювання руйнування надтвердих композитів (Майстренко А.Л.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – поняття тріщиностійкості матеріалів; – використання характеристик тріщиностійкості матеріалів для оцінки граничної міцності виробів з цих матеріалів. 	5	2	3
Змістовний модуль 4. Дослідження механічних властивостей матеріалів методами індентування			

<p>Тема 11. Твердість та методи її визначення (Дуб С.М.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – пірамідальні та сферичні індентора; – твердість по Мейеру та по Брінелю; – прилад ПМТ-3 для визначення мікротвердості. 	5	2	3
<p>Тема 12. Локальні методи визначення тріщиностійкості НТМ (Дуб С.М.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – руйнування матеріалів при локальному навантаженні; – визначення тріщиностійкості по довжині тріщин Палквіста; – визначення тріщиностійкості по довжині полудискових тріщин. 	5	2	3
<p>Тема 13. (Дуб С.М.):</p> <p>Склерометрування:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обладнання; – показники; – кореляція показників склерометрування зі традиційними показниками твердості. 	5	2	3
<p>Тема 14. Наноіндентування (Дуб С.М.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – автоматичне індентування; – метод Олівера та Фара аналізу кривої розвантаження індентору 	5	2	3
<p>Тема 15. Оцінка пластичності матеріалів (Дуб С.М.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – параметр пластичності δ_H; – відношення H/E як характеристика пластичності матеріалів. 			
Модуль 2			
Змістовний модуль 5. Методи дослідження фазового складу матеріалів			
<p>Тема 1. Інфрачервона спектроскопія. Комбінаційне розсіювання світла (Рамановська спектроскопія) (Бочечка О.О.):</p> <ul style="list-style-type: none"> – енергетичні рівні двохатомної молекули; – характеристичні частоти в ІЧ- спектрах сполук; – принцип роботи інфрачервоного Фур'є-спектрометра; – використання ІЧ- спектрів для ідентифікації зв'язків на поверхні наночастинок алмазу, фаз нітриду бору, зв'язків в органічних сполуках; – фізичні основи формування спектрів КР; – правило альтернативної заборони; – використання спектрів КР для ідентифікації sp^2, sp^3-зв'язків в аморфних фазах карбону, 	5	2	3

визначення механічних напружень в кристалах алмазу.			
Тема 2. Мас-спектроскопія (Бочечка О.О.): – дія електричного та магнітного полів на рухомі електричні заряди; – принцип роботи мас-спектрометра; – типи мас-спектрометрів; – використання мас-спектрів для визначення ізотопного складу надтвердих матеріалів.	5	2	3
Змістовний модуль 6. Методи дослідження структури матеріалів			
Тема 3, 4. Експериментальне дослідження фазового складу композиційних матеріалів (Гаращенко В.В.): – визначення елементного складу композиційних матеріалів методом локального рентгеноспектрального аналізу; – ідентифікація фаз методом дифракції відбитих електронів (дифракція Кікучі); – визначення питомого електричного опору складових композиційних матеріалів за допомогою растрової електронної мікроскопії.	10	4	6
Тема 5, 6. Методи дослідження монокристалів та полікристалів (Гаращенко В.В.): – дослідження анізотропії кристалічної структури монокристалів методом Косселя; – дослідження напружено-деформованого стану монокристалів методом Косселя; – дослідження неоднорідностей структури та напружено-деформованого стану полікристалів методом Кікучі.	10	4	6
Тема 7, 8. Катодолюмінісцентні дослідження монокристалів та полікристалів (Гаращенко В.В.): – спектри збудження катодолюмінісценції; – спектри випромінювання катодолюмінісценції; – аналіз електронної будови, домішкового складу монокристалів та полікристалів за спектрами катодолюмінісценції.	10	4	6
Змістовний модуль 7. Методи дослідження фізико-механічних властивостей матеріалів			
Тема 9. Оцінка теплофізичних параметрів композитів (Майстренко А.Л.): – експериментальне вимірювання коефіцієнта теплопровідності;	5	2	3

– вплив провідності міжфазних меж на зміну теплопровідності алмазовмісних композитів.			
Тема 10. Оцінка триботехнічних параметрів композитів (Майстренко А.Л.): – експериментальні методи визначення триботехнічних параметрів композитів та керамічних матеріалів; – зносостійкість матеріалів; – тип змащування; – трибологічні параметри матеріалів в умовах тертя кочення та ковзання.	5	2	3
Змістовний модуль 8. Дослідження механічних властивостей матеріалів методами індентування			
Тема 11. Твердість алмазу та КНБ (Дуб С.М.): – визначення твердості монокристалів алмазу за Вікерсом, Берковичем та Кнупом; – вплив навантаження на твердість НТМ – твердість нанокристалічного КНБ, отриманого при прямому фазовому переході; – зсувна металізація алмазу при випробуваннях на твердість.	5	2	3
Тема 12. Тріщиностійкість надтвердих матеріалів (Дуб С.М.): – тріщиностійкість монокристалів алмазу; – тріщиностійкість кубічного нітриду бора.			
Тема 13. Зародження пластичності при нанодеформуванні матеріалів (Дуб С.М.): – пружно-пластичний перехід у наноконтакті; – визначення границі плинності матеріалів на нанорівні; – визначення теоретичної міцності на зсув при наноіндентуванні монокристалів.	5	2	3
Тема 14. Захисні покриття та їх механічні властивості (Дуб С.М.): – наноіндентування з постійним контролем жорсткості контакту; – вплив підкладки при наноіндентуванні тонких покриттів; – формування надтвердого нанокompозиту при спінодальному розпаду пересиченого твердого розчину на прикладі системи Ti-Si-N; – надтверді нанослоїсті покриття.	5	2	3
Тема 15. Механічні властивості НТМ при високих температурах (Дуб С.М.): – твердість алмазу при високих температурах;	5	2	3

– тріщиностійкість алмазу при високих температурах; – вплив домішок азоту та бору на рухливість дислокацій у алмазі.			
Разом	150	60	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 – 20–25.05.21 р.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за навчальну діяльність	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90–100	+A, A, -A	відмінно
82–89	+B, B, -B	добре
74–81	+C, C, -C	задовільно
64–73	+D, D, -D	
60–63	E	незадовільно з можливістю повторного складання іспиту
35–59	FX	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни
0–34	F	

8. Список базової літератури

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение / Под общей ред. Н.В. Новикова. В 6-ти т. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2003–2006.

Т. 2:

Структура и свойства СТМ, методы исследования / Отв. ред. В.М. Перевертайло. – К. : ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2004. – 288 с.

2. Буличев С.И., Алехин В.П. Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора. – М.: Машиностроение, 1990. – 224 с.

3. Головин Ю.Н. Наноиндентирование и его возможности. – М.: Машиностроение, 2009. – 312 с.

4. Курдюмов А.В., Пилянкевич А.Н. Фазовые превращения в углероде и нитриде бора. – К. : Наук. думка, 1979. – 188 с.

5. Физические свойства алмаза / Под ред. Н.В. Новикова. – К. : Наук. думка, 1987. – 188 с.

6. Майстренко А.Л. Формирование структуры композиционных алмазосодержащих материалов в технологических процессах. – К. : Наук. думка, 2014. – 344 с.

7. Новиков Н.В., Майстренко А.Л., Кулаковский В.Н. Сопротивление разрушению сверхтвердых композиционных материалов. – К. : Наук. думка, 1993. – 220 с.

8. Берман Р. Теплопроводность твердых тел. – М.: Мир, 1979. – 286 с.7.

ПОГОДЖЕНО

Завідувач кафедри

д.т.н., с.н.с.



О.О. Бочечка