

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича

ЗАТВЕРДЖЕНО:

В.о. директора ІПМ НАН України

Чл.-кор. НАН України



Г.А.Баглюк

СХВАЛЕНО:

Вченою радою ІПМ НАН України

Протокол № 6 від 24 жовтня 2023 р.

**Силабус з навчальної дисципліни
«Фізико – хімічні основи розробки нових матеріалів
та технологічних процесів (застосування до оксидних систем)»,
складається в межах ОПН підготовки доктора філософії
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобувачів за спеціальністю**

10 «Природничі науки» - 102 «Хімія»

1. Загальна характеристика курсу

Назва дисципліни	Фізико – хімічні основи розробки нових матеріалів та технологічних процесів (застосування до оксидних систем)
Адреса викладання дисципліни	вул. Омеляна Пріцака (Кржижановського), 3, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України, Київ, 03142, Україна
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 «Природничі науки» - 102 «Хімія»
Викладачі дисципліни	д.х.н., с.н.с., зав.від. О.В.Дуднік
Контактна інформація викладачів	097 235 2438 – О.В.Дуднік dudnikelena@ukr.net
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	В дні лекцій за попередньою домовленістю
Інформація про дисципліну	Курс розроблено таким чином, щоб надати слухачам знання, необхідні для проведення наукових досліджень в рамках виконання дисертаційної роботи. Курс охоплює основні аспекти узагальнення теоретичних основ і практичних навичок з мікроструктурного проектування керамічних матеріалів різноманітного призначення, які потрібні для успішного становлення науковця-хіміка, що працює у галузі створення новітніх високотехнологічних матеріалів.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Фізико – хімічні основи розробки нових матеріалів та технологічних процесів (застосування до оксидних систем)” є дисципліною за вільним вибором аспірантів зі спеціальністю 10 «Природничі науки» – 102 «Хімія» для освітньої програми підготовки доктора філософії, яка викладається в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України в 4 семестрі в обсязі 1 кредиту (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни “Фізико – хімічні основи розробки нових матеріалів та технологічних процесів (застосування до оксидних систем)” є формування фундаментальних знань для цілеспрямованого здійснення мікроструктурного проектування матеріалів різноманітного призначення з необхідним рівнем властивостей. Безпосередній зв'язок між характеристиками вихідних порошків і властивостями матеріалів передбачає обґрунтований вибір складу композитів на підставі діаграм стану відповідних подвійних і потрійних систем, знання основних закономірностей фазових перетворень вихідних компонентів з підвищенням температури. Науково обґрунтований вибір хімічного та фазового складу вихідних порошків, визначення основних фізико-хімічних закономірностей їхньої самоорганізації в процесі одержання, термічної обробки, формування, спікання є актуальними задачами, що вирішують науковці-хіміки при створенні матеріалів з підвищеними фізико-механічними характеристиками.
Вимоги навчальної дисципліни	Курс є дисципліною за вільним вибором аспірантів. Обсяг курсу – 1 кредит ECTS, 16 год аудиторних занять та 14 год самостійної роботи (очна форма навчання).

	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.
Підсумкова форма контролю знань	Залік
Очікувані результати навчання	<i>Після завершення цього курсу студент буде:</i> - знати: підходи до створення новітніх матеріалів, володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі хімії та бути здатним застосовувати їх до професійної діяльності на межі предметних галузей. - вміти: інтегрувати існуючі методики та методи одержання сучасних матеріалів та адаптувати їх для розв'язання наукових завдань при проведенні дисертаційних досліджень.
Ключові слова	<i>Фізико-хімічні властивості, діаграми стану, методи консолідації, властивості</i>
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань зі спеціальних дисциплін (глибинні знання зі спеціальності) та знань з дисциплін, що розвивають загальнонаукові компетентності, які вивчають на першому та другому році навчання в аспірантурі.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентація, лекції, дискусія
Необхідне обладнання	Мультимедійне обладнання

2. План викладання дисципліни

Тема, план	Кількість годин		
	усього	у тому числі	
		аудиторні	Само- стійна робота
Фізико-хімічні принципи мікроструктурного проектування матеріалів <i>Теоретичні основи мікроструктурного проектування матеріалів. Формула фізико-хімічного аналізу. Ієрархія структурних рівнів і структурна інженерія неорганічних матеріалів. Дисперсні системи як основа створення нових матеріалів. Правило фаз Гіббса для дисперсних систем. Синергетика і створення нових матеріалів. Процеси самоорганізації. Активний стан компонентів в технології композитів. Активація твердофазних реагентів зміною їх хімічної і термічної передісторії. Механічне активування.</i>	2	2	
Діаграми стану тугоплавких оксидних систем і мікроструктурне проектування матеріалів. <i>Науково - обґрунтований вибір складів композиційних матеріалів різного призначення. Матеріали в тугоплавких оксидних системах. Основні визначення і класифікація композиційних матеріалів. Визначення структурних елементів композиційного матеріалу. Основні властивості і вимоги до конструкційних, інструментальних та функціональних оксидних матеріалів.</i>	4	2	2

<p>Роль методу синтезу нанокристалічних порошків в формуванні властивостей керамічних матеріалів. <i>Кріохімічний синтез в технології оксидних композитів. Фізико-хімічні основи кріохімічного синтезу нанокристалічних порошків. Властивості вихідних порошків для керамічних матеріалів функціонального і конструкційного призначення.</i> <i>Гідротермальний синтез нанокристалічних порошків. Технології гідротермального синтезу. Гідротермальний синтез нанокристалічних порошків в кислому середовищі. Гідротермальний синтез нанокристалічних порошків в лужному середовищі.</i> <i>Комбіновані методи синтезу нанокристалічних порошків. Метод механохімічної обробки. Отримання нанокристалічних порошків в системах ZrO_2 (HfO_2) - R_2O_3. Гідротермальний синтез / механічне змішування.</i></p>	6	2	4
<p>Високотехнологічні матеріали на основі оксидів. <i>Характеристика мікроструктур матеріалів на основі ZrO_2. Класи матеріалів. Мартенситні фазові перетворення. Проектування самоармованих, шаруватих і зміцнених матеріалів в дисперсних системах.</i></p>	2	2	
<p>Фізико-хімічні та технологічні аспекти розробки високовогнетривких та прозорих матеріалів на основі тугоплавких оксидів цирконію, гафнію і РЗЕ. <i>Деякі властивості оксидів цирконію, гафнію, РЗЕ і матеріалів на їх основі. Високowodнетривкий припас для плавки і лиття тугоплавких металів і сплавів. Матеріали вакуумної техніки. Високотемпературні оксидні нагрівальні елементи опору.</i> <i>Прозора кераміка. Фактори розсіювання світла в прозорій кераміці. Теоретичні основи отримання прозорої кераміки. Оптичні властивості прозорої кераміки на основі твердих розчинів С-форми Y_2O_3 (Ln_2O_3) системи HfO_2-ZrO_2-Y_2O_3 (Ln_2O_3).</i></p>	2	2	
<p>Багатошарові, симетричні та градієнтні керамічні композитів, що вміщують ZrO_2 та Al_2O_3. <i>Фізико - хімічні аспекти проектування багатошарових композитів. Особливості мікроструктурного проектування багатошарових композитів на основі ZrO_2. Технологія формування багатошарових керамічних матеріалів методом шликерного лиття. Спінання. Визначення характеристик міцності спечених заготовок з різних хімічних і фазовим складом шарів.</i> <i>Зміна міцності симетричних шаруватих композитів в залежності від складу шарів. Застосування ефекту пластичної деформації при термічній обробці багатошарових матеріалів. Градієнтні мікрослоїсті матеріали.</i></p>	4		4
<p>Створення фізико-хімічних основ синтезу нанокристалічних порошків і композиційних матеріалів функціонального та конструкційного призначення на основі Al_2O_3. <i>Класифікація зміцнених матеріалів на основі Al_2O_3. Оптимізація технології виготовлення нанокристалічних порошків на основі оксиду алюмінію системи Al_2O_3-ZrO_2(Y_2O_3,CeO_2). Низькотемпературний синтез - Al_2O_3 для мікроструктурного проектування композитів системи Al_2O_3 - ZrO_2 (Y_2O_3, CeO_2). Розробка методів формування заготовок виробів з нанокристалічних порошків на основі Al_2O_3, встановлення режимів їх термічної обробки. Оптимізація методів термічної обробки композитів.</i></p>	4	2	2
<p>Мікроструктурне проектування біоінертних імплантатів на основі ZrO_2. <i>Низькотемпературна деградація властивостей матеріалів на основі ZrO_2 у присутності води та вологому середовищі (старіння). Дослідження стабільності фазового складу композитів методом прискореного старіння у гідротермальних умовах.</i> <i>Створення багатошарових біоімплантатів складного складу на основі ZrO_2 з біоактивним покриттям. Дослідження властивостей одержаних матеріалів. Високопоруваті біоімплантати з біоактивним покриттям.</i></p>	2	2	
<p>Фізико-хімічні аспекти створення керамічного шару термобар'єрних покриттів. <i>Структура термобар'єрних покриттів. Роль діаграм стану у виборі</i></p>	4	2	2

складу керамічного шару. Фактори, що впливають на властивості термобар'єрних покриттів. Сучасні матеріали покриттів.			
Всього за модулем	30	16	14

3. Контроль знань

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування та залік.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка ECTS	Сума балів за навчальну діяльність	Оцінка за національною шкалою
A	90–100	Відмінно
B	82–89	Добре
C	74–81	
D	64–73	Задовільно
E	60–63	Достатньо
F _X	35–59	Незадовільно з можливістю повторного складання
F	1–34	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням курсу

4. Список базової літератури

- Скороход В. В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах / Скороход В. В., Уварова І. В., Рагуля А. В. – Київ : Академперіодика, 2001 – 180 с.
- Chevalier J., Liens Al., Reveron H., Zhang F., Reynaud P., Douillard Th., Preiss L., Sergio V., Lughì V., Swain M., Courtois N. Forty years after the promise of « ceramic steel»: zirconia-based composites with a metal-like mechanical behaviour. *J. Am. Ceram. Soc.* 2020. Vol.103. P. 1482–1513. <https://doi.org/10.1111/jace.16903>
- Review Preparation methods of different nanomaterials for various potential applications: A review / Ahmed M. El-Khawaga, Alaa Zidanc , Ahmed I. A. Abd El-Mageed // *Journal of Molecular Structure* 1281(2023) 135148 <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.135148>
- Nano-ZrO₂: A review on synthesis methodologies / Mahyar Mosavari , Ayda Khajehhaghverdi , Rouhollah Mehdiavaz Aghdam // *Inorganic Chemistry Communications* 157 (2023) 111293 <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2023.111293>
- Claussen N. Microstructural design of zirconia – toughened ceramic (ZTC) / N. Claussen // *Science and Technology of Zirconia II.* – V. 12. –The American Ceramic Society : Columbus – Ohio, 1984. – P. 325–351.
- Kelly P. M. The martensitic transformation in ceramics its role in transformation toughening / P. M. Kelly, L. R. Francis Rose // *Progress in Materials Science.* – 2002. – V. 47. – P. 463–557.
- Hannink R. H. J. Transformation toughening in zirconia – containing Ceramics / R.H. J. Hannink, P. M. Kelly, B. C. Muddle. // *J. Am. Ceram. Soc.* – 2000. – Vol. 83, № 3. – P. 461–487.
- Chevalier J. Zirconia as a Biomaterial / J. Chevalier, L. Gremillard // *Comprehensive Biomaterials.* – 2011. Vol. 1. P. 95–108.
- Modeling the aging kinetics of zirconia ceramics / L. Gremillard, J. Chevalier, T. Epicier [et al.]// *Journal of the European Ceramic Society.* 2004. Vol. 24. P. 3483–3489.
- Лакиза С.М. Теплобар'єрні покриття: сучасний стан, пошук і дослідження / С.М. Лакиза, М.І. Гречанюк, О.К. Рубан, В.П. Редько, М.С. Глабай, О.Б. Милосердов, О.В.Дуднік, С.В. Прохоренко // *Порошкова металургія*, 2018. №01/02, С. 107-143.

- Liu B., Liu Y., Zhu Ch., Xiang H., Chen H., Sun L., Gao Y., Zhou Y. Advances on strategies for searching for next generation thermal barrier coating materials. *J. Mater. Sci. Technol.* 2019. Vol. 35, No. 5. P. 833–851.
- О.В.Дуднік, С.М.Лакиза, І.М.Гречанюк, О.К.Рубан, В.П.Редько, І.О.Марек, В.Б.Шмибельський, А.О.Макудера, М.І.Гречанюк Термобар'єрні покриття на основі твердих розчинів ZrO₂ (2020) Порошкова металургія, 2020, №03/04, С.80-108.
- Ke Rena Qiankun Wanga, Gang Shao, Xiaofeng Zhao, Yiguang Wang. Multicomponent high-entropy zirconates with comprehensive properties for advanced thermal barrier coating. *Scripta Mater.* 2020. Vol. 178, No. 15. P. 382–386. DOI:10.1016/j.scriptamat.2019.12.006.
- Andrew J. Wright, Qingyang Wang, Chuying Huang, Andy Nieto, Renkun Chen, Jian Luo. From high-entropy ceramics to Compositionally Complex ceramics: A case study of fluorite oxides. *J. Europ. Ceram. Soc.* 2020. Vol. 40, Issue 5. P. 2120–2129. DOI:10.1016/j.jeurceramsoc.2020.01.015.