

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича



ЗАТВЕРДЖЕНО:

Директор ІПМ НАН України
Академік НАН України

Солонін Ю.М.

СХВАЛЕНО:

Вченою радою ІПМ НАН України

Протокол № 4 від 28.09.2021р.

**Силабус з навчальної дисципліни
«Сучасні технології порошкового матеріалознавства»,
складається в межах ОПН підготовки доктора філософії
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
для здобувачів за спеціальністю 132 "Матеріалознавство"**

Київ 2021

1. Загальна характеристика курсу

Назва дисципліни	Сучасні технології порошкового матеріалознавства
Адреса викладання дисципліни	вул. Кржижановського, 3, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України, Київ, 03680, Україна
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	13 «Механічна інженерія», 132 «Матеріалознавство»
Викладачі дисципліни	д.т.н., с.н.с., Згалат-Лозинський Остап Броніславович, к.т.н., ст.досл., Сич Олена Євгенівна
Контактна інформація викладачів	+38 (050) 050 986 82 57; ostap@ipms.kiev.ua – Згалат-Лозинський О.Б. +38 (066) 112 25 25; lena_sych@ukr.net – Сич О.Є.
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 використання сучасних технологій порошкового матеріалознавства для створення новітніх високотехнологічних матеріалів.
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Сучасні технології порошкового матеріалознавства” є дисципліною за вільним вибором аспірантів зі спеціальності 132 матеріалознавство для освітньої програми підготовки доктора філософії, яка викладається в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України в 3 семестрі в обсязі 2 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни “Фізико – хімічні основи розробки нових матеріалів та технологічних процесів” є базові знання з основ технології порошкового матеріалознавства та керамічних матеріалів; володіти сучасними методами та розробленими методиками дослідження і аналізу отриманих результатів; аналізувати предметну область, уміння формалізувати завдання керування та розділяти глобальну задачу на складові; вибору та отриманню конструкційної кераміки; опрацювати технології нових функціональних матеріалів; засвоїти інноваційні прийоми та методи прикладного матеріалознавства та інженерії матеріалів; уміти розробляти новітні керамічні матеріали, а також характеризувати поведінку кераміки при контактних взаємодіях; організувати й аналізувати свою наукову діяльність по розробці нових керамічних композиційних матеріалів; знати основи прикладного матеріалознавства та інженерії матеріалів; орієнтуватись в сучасних тенденціях розвитку технологій консолідації порошкових матеріалів та технологіях електроспікання і новітніх керамічних матеріалах; класифікувати та характеризувати адитивні технології формування композиційних матеріалів; знати

	технології нових функціональних матеріалів; виконувати аналіз матеріалів і технологій за встановленими критеріями, обирати і застосовувати найбільш придатні аналітичні, розрахункові та експериментальні методи для проведення досліджень, інтерпретувати результати досліджень, наявність глибоких обґрунтованих знань в галузі матеріалознавства, детальне розуміння підходів до аналізу інформації і застосування її до створення новітніх матеріалів, вміння проводити експериментальні і теоретичні дослідження у галузі матеріалознавства; проявляти наукові погляди та підходи при проведенні експертного аналізу наукових даних, оцінювати можливості впливу фізико-хімічних факторів на властивості матеріалів; володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі матеріалознавства та бути здатним застосовувати їх до професійної діяльності на межі предметних галузей, інтегрувати існуючі методики та методи досліджень та адаптувати їх для розв'язання наукових завдань при проведенні дисертаційних досліджень; демонструвати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень з матеріалознавства.
Вимоги навчальної дисципліни	Курсе дисципліною за вільним вибором аспірантів. Обсяг курсу – 2 кредита ECTS, 20 год аудиторних занять, з них 10 год лекційних занять, 10 практичних занять та 40 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: нові технології та наукові підходи до створення новітніх матеріалів, володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі матеріалознавства 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>адитивні технології, мікрохвильове спікання, біокомпозити</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	Самостійна робота
Тема 1 «Вступ до адитивних технологій» <i>Класифікація та загальна інформація по адитивним технологіям та матеріалам, що використовуються в 3Д друці, структури, що можуть бути отримані 3Д друком.</i>	6	2	4
Тема 2 Адитивні технології для друку керамічних матеріалів <i>3Д друк керамічних матеріалів за технологіями фотополімеризація в ванні (Vatphotopolymerization- VP), струменеве нанесення зв'язуючого (Binderjetting-BJ), плавлення порошкового шару (Powderbedfusion-PBF), екструзія матеріалу (Materialextrusion-ME).</i>	6	2	4
Тема 3 Адитивні технології для друку металами <i>3Д друк струменеве нанесення матеріалу (Materialjetting - MJ), плавлення порошкового шару (Powderbedfusion-PBF), екструзія матеріалу (Materialextrusion-ME), нанесення спрямованою енергією (Directedenergydeposition- DED), ламінування листів (Sheetlamination-SL)</i>	6	2	4
Тема 4 Сучасні технології електроспінання композиційних матеріалів. <i>Сучасні методи спінання активованого електричним струмом та матеріали які перспективні для даних методів консолідації..</i>	6	2	4
Тема 5 Мікрохвильове спінання <i>Мікрохвильові технології в матеріалознавстві, вибір матеріалів для мікрохвильової термообробки, особливості компоновки композиційних матеріалів для мікрохвильового спінання..</i>	6	2	4
Тема 6 «Вступ до біомедичного матеріалознавства» <i>Біоматеріали: визначення, класифікація та область застосування. Історія становлення та покоління біоматеріалів. Склад, структура та властивості кісткової тканини. Основні вимоги до імплантаційних матеріалів.</i>	6	2	4
Тема 7 «Біоскло та склокераміка на його основі» <i>Діаграма $SiO_2-CaO-Na_2O-P_2O_5$ як основа створення біоскла. Скло Хенча. Методи отримання біоскла. Склокераміка та методи її отримання. Переваги та недоліки біоскла та склокераміки як імплантаційних матеріалів.</i>	6	2	4
Тема 8 «Гідроксиапатит як основа створення імплантаційних матеріалів» <i>Гідроксиапатит як основа неорганічної складової кісткової тканини. Синтетичний та біогенний гідроксиапатит. Методи отримання.</i>	6	2	4
Тема 9 «Біокераміка та біокompозити на основі гідроксиапатиту» <i>Біокераміка на основі гідроксиапатиту. Методи отримання щільної та пористої біокераміки, композиційних матеріалів та керамічних покриттів. Медична кераміка в стоматології та клітинній інженерії.</i>	6	2	4
Тема 10 «Вплив мікроелементів на структуру та властивості біоскла та біокераміки» <i>Мікроелементи в організмі людини та їх біологічна роль. Легування біоскла, склокераміки та гідроксиапатитної кераміки різними мікроелементами. Вплив модифікуючих добавок на структуру та властивості біоматеріалів.</i>	6	2	4

3. Контроль знань

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

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	

4. Список базової літератури

- "Additivemanufacturing – GeneralPrinciples – Overviewofprocesscategoriesandfeedstock". ISO/ASTM International Standard (17296–2:2015(E)), 2015.- 17 p.
- Ragulya A.V., Zgalat-Lozynskyy O.B. LaserSinteringofMultilayerGradientMaterials. FunctionalGradientMaterialsandSurfaceLayers, Springer, 2001.- p. 151–159.
- Ragulya A.V., Stetsenko V.P., Vereshchak V.M., Klimenko V.P., Skorokhod V.V. Selectivelasersintering II. Sinteringmultilayerrefractorycomposites. Powdermetallurgyandmetalceramics, 1998, № 37, p. 577–582.
- Д. В. Ковальчук, В. И. Мельник, И. В. Мельник, Б. А. Тугай Новыевозможностиаддитивногопроизводства с технологиейхBeam 3D MetalPrinting//Автоматическая Сварка, 2017,№12 (770). – с.26-33
- Zgalat-Lozynskyy, O., Matviichuk, O., Tolochyn, O. etal. PolymerMaterialsReinforcedwithSiliconNitrideParticlesfor 3D Printing. PowderMetallMet Ceram,2021,№ 59 .-p.515–527 <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00189-2>
- 'V. Beloshenko, V. Chishko, V. Plavan, N Rezanova, B Savchenko, N. Sova, I. VozniakProductionofFilterMaterialfromPolypropylene/CopolyamideBlendbyMaterialExtrusion-BasedAdditiveManufacturing: RoleofProductionConditionsand ZrO2// Nanoparticles 3D PrintingandAdditiveManufacturing, 2021, V. 8, N. 4.-p.1-13 <https://doi.org/10.1089/3dp.2020.0195>
- Розробка нанокompозитних полімерних біоматеріалів з ефективною противірусною та антимікробною дією і технології 3D друку з них https://nrfu.org.ua/wp-content/uploads/2021/01/2020.01_0222_yurzhenko_85_01.2020_az.pdf Дата звернення 15 серпня2021
- О. Матвійчук Бондаренко В.П., Євдокимова О.В., Шестаков С.І. 3D-технологія заготівельного тврдосплавного виробництва// Матеріали Міжнародного науково-технічного семінару, 15–19 березня 2021 р., м. Львів. – Київ: АТМ України, 2021. – с.144
- Bondarenko, V., Ievdokymova, O., Matviichuk, O. etal. Iron–ParaffinCompositeMaterialfor 3D PrintingbyFusedDepositionModelingMethod. PowderMetallMetCeram, 2021, №59.- p. 730–738 <https://doi.org/10.1007/s11106-021-00208-2>
- Chen Z. etal. 3D printingofceramics: A review // JournaloftheEuropeanCeramicSociety, 2019, № 39, p.661–687.

- Fabrication and in vitro characterization of three-dimensional organic/inorganic scaffolds by robocasting / J. Russias, E. Saiz, S. Deville, K. Gryn, G. Liu, R.K. Nalla, A.P. Tomsia // *J. Biomed. Mater. Res. Part A.* – 2006, N 38. – P. 434–445.
- Jacopo Barberi, Amy Nommeots-Nomm, Elisa Fiume, Enrica Verné, Jonathan Massera, and Francesco Baino. Mechanical characterization of pore-graded bioactive glass scaffolds produced by robocasting. - *Biomed. Glasses* 2019, №5. - p.140–147.
- Eqtesadi S. Robocasting of 45S5 bioactive glass scaffolds for bone tissue engineering / S. Eqtesadi, A. Motealleh, P. Miranda, A. Pajares, A. Lemos, J.M.F. Ferreira // *J. Eur. Ceram. Soc.*, 2014, N 34.– p. 107–118.
- Hamidreza Gh.S., Corker J., Fan M. Additive manufacturing technology and its implementation in construction as an eco-innovative solution. *Automation in Construction*, 2018 vol. 93, p. 1–11. <https://doi.org/10.1016/>
- Згалат-Лозинська Л.О., Згалат-Лозинський О.Б. Розвиток та впровадження інноваційних технологій 3D-Друку у будівництві//Вчені записки таврійського національного університету імені В. І. Вернадського, 2020, Том 31 (70). № 5, с. 45-51 <https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-5-7>
- Bahraminasab, M. Challenges on optimization of 3D-printed bone scaffolds. *BioMedEngOnLine*, 2020, №19.- p.1-33 <https://doi.org/10.1186/s12938-020-00810-2>
- Jariwala, Shailly H et al. “3D Printing of Personalized Artificial Bone Scaffolds.” *3D printing and additive manufacturing*, 2015, vol. 2.- p. 56-64. <https://doi.org/10.1089/3dp.2015.0001>
- 3D bioprinted heart provides new tool for surgeons <https://engineering.cmu.edu/news-events/news/2020/11/18-3d-printed-heart.html> Дата звернення 25 серпня 2021
- Thiesse, F., Wirth, M., Kemper, HG. et al. Economic Implications of Additive Manufacturing and the Contribution of MIS. *BusInfSystEng.*, 2015, №57.- p. 139–148 <https://doi.org/10.1007/s12599-015-0374-4>
- C. Weller, R. Kleer, F. T. Piller, Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited//*International Journal of Production Economics*, 2015, Vol. 164.- p. 43-56, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.02.020>
- D. S. Thomas Economic of the U.S. Additive Manufacturing Industry//*Natl. Inst. Stand. Technol. Spec. Publ.*, 2013, 61 p. <https://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1163>
- Narayan R. *Nanobiomaterials. Nanostructured Materials for Biomedical Applications* / R. Narayan. – Elsevier, 2018. – 561 p.
- Горобець С. В. Функціональні біо- та наноматеріали медичного призначення: монографія / С.В. Горобець, О.Ю. Горобець, П.П. Горбик, І.В. Уварова. – Київ: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 480 с.
- Уварова І.В. Наноматеріали медичного призначення / І.В. Уварова, П.П. Горбик, С.В. Горобець, О.А. Іващенко, Н.В. Ульянович [за ред. В.В. Скорохода]. – К.: Наукова думка, 2014. – 414 с.
- Уварова І.В. Наноматеріали та їх використання у медичних виробках / І.В. Уварова, В.Б. Максименко, Т.М. Ярмола. – К.: КІМ, 2013. – 172 с.
- Уварова І.В. Біосумісні матеріали для медичних виробів / І.В. Уварова, В.Б. Максименко. – К.: КІМ, 2013 – 232 с.
- Kokubo T. *Bioceramics and their clinical applications* / T. Kokubo. – Cambridge, 2008. – 759 p.
- Верещагин В.И. Керамические и стеклокристаллические материалы для медицины / В.И. Верещагин, Т.А. Хабас, Е.А. Кулинич, В.П. Игнатов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008 – 151 с.
- Хенч Л. Биоматериалы, искусственные органы и инжиниринг тканей / Л. Хенч, Д. Джонс. – М.: Техносфера, 2007. – 304 с.
- Кадурін О.К. Біофізичні властивості компактної кісткової тканини / О.К. Кадурін, О.Є. Вирва, Ф.С. Леонтєва — Х.: Прапор, 2007.— 136 с.
- Бессуднова Н.О. Материалы для биологических применений – Учебно-методическое пособие / Н.О. Бессуднова. – Саратов, 2007, 51 с.

- Баринов С.М. Биокерамика на основе фосфатов кальция / С.М. Баринов, В.С. Комлев. – М.: Наука, 2005. – 204 с.
- Скальный А.В. Химические элементы в физиологии и экологии человека / А.В. Скальный. – М.: Оникс 21 век: Мир, 2004. — 216 с.
- Савич В.В. Современные материалы хирургических имплантатов и инструментов / В.В. Савич, М.Г. Киселев, А.И. Воронович. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – 119 с.
- Морозова Л.В. Химические элементы в организме человека. Справочные материалы / Л.В. Морозова. – Архангельск: Издательский центр ПГУ, 2001. – 45 с.
- Каназава Т. Неорганические фосфатные материалы / Т. Каназава; [пер. с англ. под ред. А. П. Шпака, В. Л. Карбовського]. – К.: «Наукова думка», 1998. – 297 с.