

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА»**

Факультет фізико-технічний

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Пористі структури: синтез, властивості, застосування

Освітня програма аспірант (PhD)

Спеціальність 105, Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “29” серпня 2022 р.

м. Івано-Франківськ - 2022

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Результати навчання (компетентності)
5. Організація навчання курсу
6. Система оцінювання курсу
7. Політика курсу
8. Рекомендована література

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Пористі структури: синтез, властивості, застосування
Викладач (-і)	доктор фізико-математичних наук, професор Будзуляк Іван Михайлович
Контактний телефон викладача	Роб. 0342596185, Моб. 0973704165
Е-mail викладача	ivan-budzulyak@ukr.net
Формат дисципліни	Лекції, практичні заняття, консультації, самостійна робота
Обсяг дисципліни	90 годин (3 кредити)
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pu.if.ua/
Консультації	щотижня
2. Анотація до курсу	
<p>Курс «Пористі структури: синтез, властивості, застосування» створений для аспірантів (PhD) ОП «Прикладна фізика та наноматеріали». Курс розроблено таким чином, щоб поглибити знання аспірантів в галузі фізики пористих матеріалів, їх отримання, унікальних фізико-хімічних властивостей та сфер застосування. Особлива увага буде зосереджена на пористих вуглецевих матеріалах, набуття досвіду їх отримання як матеріалів для створення пристроїв накопичення і зберігання електричної енергії. Глобальні завдання дисципліни полягають у з'ясуванні фундаментальних понять законів і теорій, які відносяться до пористих структур.</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Мета курсу полягає в ознайомленні аспірантів з основними методами отримання та дослідження пористих структур, зокрема вуглецевого пористого матеріалу. Ознайомити з механізмами фізичної, хімічної, термохімічної активації вихідних матеріалів для отримання пористих матеріалів з необхідними характеристиками, зокрема, величиною питомої поверхні та розподілом пор за розмірами. Дослідити термічну стабільність пористості конденсованих середовищ, розвиток радіаційної пористості.</p> <p>Завдання полягають в набутті аспірантами знань про основні технологічні прийоми отримання пористих матеріалів з наперед заданими параметрами, вміння дослідити їх фізико-хімічні властивості, знати як скорегувати умови і режими отримання для досягнення поставленої мети. Знати основні методи досліджень пористих структур, зокрема порометрію, мало кутове X-променеве розсіювання, імпедансну спек трос копію, об'ємно вагові дослідження і інші.</p> <p>Важливим є вміння оцінити структуру пористого матеріалу, використовуючи теорію фрак талів.</p> <p>Застосувати набуті знання для отримання нанопористого матеріалу та визначення його питомої поверхні та розподілу за розмірами.</p>	
4. Результати навчання (компетентності)	
<p>Процес вивчення дисципліни «Пористі структури: синтез, властивості, застосування» спрямований на формування елементів таких універсальних компетенцій аспіранта :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних наукових досягнень, генерування нових ідей при вирішенні дослідницьких і практичних завдань, в тому числі в міждисциплінарних областях; 2. здатність планувати і здійснювати комплексні дослідження, в тому числі міждисциплінарні, на основі цілісного системного наукового світогляду з використанням набутих практичних знань; 3. готовність брати участь в роботі українських і міжнародних дослідницьких колективів для розв'язку наукових і науково-освітніх завдань; 4. готовність використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації на державній та іноземній мовах; 	

5. здатність слідувати етичним нормам у професійній діяльності;
6. здатність планувати і вирішувати завдання професійного і особистісного розвитку
Одночасно передбачається розвиток та формування наступних **професійних компетенцій**:
 1. здатність до поглибленого вивчення теоретичних і методологічних основ в області фізики лазерів і лазерних технологій;
 2. здатність до планування, організації роботи за проектами в області фізики лазерів і лазерних технологій, модернізації сучасних і створення нових методів фізичних досліджень в фізиці лазерів і лазерних технологій;
 3. уміння вивчати фізичні основи функціонування оптичних квантових генераторів та впливу потужного лазерного опромінення на структуру та поведінку домішок і дефектів матеріалів електронної техніки;
 4. здатність застосовувати отримані знання для вирішення нечітко визначених прикладних матеріалознавчих задач, що стоять перед наукою в області розробки, виготовлення, застосування і тестування нових матеріалів, використовувати творчий підхід для розробки оригінальних ідей і методів проектування при вирішенні конкретних наукових завдань, пов'язаних з використанням передових технологій;
 5. планувати і проводити аналітичні, імітаційні та експериментальні дослідження за своєю спеціалізацією з використанням новітніх досягнень науки і техніки, передового вітчизняного та зарубіжного досвіду в галузі знань, що відповідає виконуваний роботі, вміння критично оцінювати отримані теоретичні та експериментальні дані і робити висновки, вирішувати винахідницькі задачі на основі міжнародного права і захисту інтелектуальної власності;
 6. інтегрувати знання про розвиток різних видів технологічних процесів в області розробки, виготовлення, застосування і діагностики виробів, а також вирішувати завдання, пов'язані з організацією їх виробництва з використанням сучасного технологічного обладнання.

5. Організація навчання курсу

Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	20
семінарські заняття / <u>практичні</u> / лабораторні	10
самостійна робота	60

Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
3-й	105, Прикладна фізика та наноматеріали	II-й	вибірковий

Тематика курсу

Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
------------	------------------	------------	------------------	----------------	---------------------

Змістовий модуль 1.

Пори як фазово-структурні неоднорідності макро-, мікро- і наносистем.

Тема 1. Самоорганізація структур з фрактальною розмірністю. Особливості формування пористих структур в	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/2	6	згідно розкладу
--	----------------------	--------------------------	--	---	-----------------

<p>нерівноважних умовах. Фрактальні системи. Використання методів фрактальної геометрії для різних рівнів організації. Процеси фрактальної агрегації при синтезі матеріалів. Процеси самоорганізації і фрактальні структури. Енергетика переходу вакансія – дівакансія-нанопора.</p>					
<p>Тема 2. Види пористості. Пористість при дії температури, хімічних реагентів (кислоти, луги) сумісна дія температури і хімічних реагентів. Дифузійна пористість, деформаційна пористість, радіаційна пористість.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	6	згідно розкладу
<p>Тема 3. Процеси пороутворення в конденсованих наносистемах. Пори в аморфних плівкових наносистемах. Пороутворення при формуванні полікристалічних конденсатів. Пористість в епітаксціальних конденсованих наносистемах. Пороутворення в йонно-плазмових конденсованих наносистемах. Пороутворення при піролізі і анодному окисленні. Пороутворення в речовині рослинного походження.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/1	6	згідно розкладу

<p>Тема 4. Термічна та радіаційна пористість. Зміна пористості при ізотермічному нагріві. Еволюція пористості конденсованих наносистем в умовах теплообміну. Пороутворення при йонному опроміненні. Самоорганізація пористої структури під дією лазерного опромінення.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	6	згідно розкладу
<p>Тема 5. Фаза “пустота” в композиційних наносистемах і кристалах. Локалізація і перетворення вільного об’єму в аморфних тілах. Конденсаційна пористість пірографіту. Газодифузна пористість енергоємних компактних структур. Фрактальне представлення структури пористих композиційних і конденсованих систем. Деформаційно-дифузійна пористість в кристалах. Наноканальні, нанотрубчасті і нанодротові композити.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	6	згідно розкладу
<p>Змістовий модуль 2. Нанопористий вуглецевий матеріал</p>					
<p>Тема 6. Отримання нанопористого вуглецевого матеріалу з сировини рослинного походження.</p>	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	5	згідно розкладу

<p>Гідротермальна методика нанопористого вуглецевого матеріалу з сировини рослинного походження. Термічна до активація та її вплив на стан і еволюцію пористої системи. Поверхневі функціональні групи. Пороутворювачі: вуглекислий газ, мурашина кислота, водяна пара.</p>					
<p>Тема 7. Методи дослідження пористих матеріалів. Малокутове розсіювання. Метод глобальних уніфікованих експоненціально-степеневих функцій. Мікрозондові дослідження. Порометрія низькотемпературна адсорбція азоту або гелію. Адсорбція ртуті. Загальна площа поверхні. Розподіл пор за розмірами. Калориметрія, пікнометрія.</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	5	згідно розкладу
<p>Тема 8. Контакт нанопористого вуглецевого матеріалу з електролітами. Подвійний електричний шар. Умови його утворення. Моделі подвійного електричного шару. Модель Гельмгольца, модель Гуї-Чепмена, моделі Шторна, модель Бокріса-Деванатана-Мюллера.</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	5	згідно розкладу

Взаємодія пористого вуглецевого матеріалу з водними і апротонними електролітами.					
Тема9. Вплив лазерного опромінення на стан пористої структури вуглецевого матеріалу. Модель представлення впливу лазерного опромінення на морфологію поверхні пор. електрохімічні властивості лазерно-опроміненого пористого вуглецевого матеріалу. Зміна фрактальної структури внаслідок дії лазерного опромінення. Перерозподіл легуючої домішки в порах внаслідок лазерного опромінення.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/1	5	згідно розкладу
Підсумковий контроль (екзамен)				50	
6. Система оцінювання курсу					
Загальна система оцінювання курсу	<p>Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, практичних, лабораторних, індивідуальних занять і має на меті перевірку знань студентів з окремих тем навчальної дисципліни та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи. Оцінки у національній шкалі («відмінно» - 5, «добре» - 4, «задовільно» - 3, «незадовільно» - 2), отримані аспірантами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи.</p> <p>Модульний контроль (сума балів за окремий змістовий модуль) проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань аспірантів після вивчення матеріалу з логічно завершеної частини дисципліни – змістового модуля.</p> <p>Завданням модульного контролю є перевірка розуміння та засвоєння певного матеріалу (теми), вироблення навичок проведення розрахункових робіт, вміння вирішувати конкретні ситуативні задачі, самостійно опрацьовувати тексти, здатності осмислювати зміст даної частини</p>				

	<p>дисципліни, уміння публічно чи письмово подати певний матеріал.</p> <p>Семестровий (підсумковий) контроль проводиться у формі екзамену.</p> <p>Екзамен – форма підсумкового контролю, яка передбачає перевірку розуміння аспірантом теоретичного та практичного програмного матеріалу з усієї дисципліни, здатності творчо використовувати здобуті знання та вміння, формувати власне ставлення до певної проблеми тощо.</p>
Вимоги до письмової роботи	Підсумкова письмова робота виконується у формі тестових завдань з вибором правильної відповіді. Кількість тестових завдань – 100.
Семінарські заняття	Перевірка набутих знань, навичок і умінь здійснюється за допомогою опитування аспірантів на практичних заняттях, захисті індивідуальних завдань, дистанційне навчання.
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Позитивні оцінки з поточного контролю знань за змістовними модулями (оцінювання роботи студента під час практичних занять; поточне тестування після вивчення розділу; реферат)</p> <p>Аспірант допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Аспірант не допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав менше 25 балів.</p>
7. Політика курсу	
<p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на практичних заняттях, поточному тестуванні, самостійній роботі (реферати, презентації). При цьому обов’язково враховуються присутність на заняттях та активність аспіранта під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Вимоги викладача. Кожен викладач ставить аспірантам систему вимог та правил поведінки аспірантів на заняттях, доводить до їх відома методичні рекомендації щодо виконання контрольних робіт, тестових завдань. Все це гарантує високу ефективність навчального процесу і є обов’язковою для аспірантів.</p>	
8. Рекомендована література	
Базова	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Черемской П.Г., Слезов В.В., Бетехтин В.И. Поры в твердом теле. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 376с. 2. Черемской П.Г. Методы исследования пористости твердых тел. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 112с. 3. Малоугловое рассеяние рентгеновских лучей эпитаксиальными и поликристаллическими пленками сульфида свинца. / П.Г. Черемской, М.Я. Фукс, О.Г. Алавердова // Вестн. Харьковский политехн. ин-та. Металлофизика. – Харьков: “Вища школа”, 1975. - №102, вып.1. – С.63-65. 4. Дубинко В.И. Теория зарождения пор в кристаллах при высокоинтенсивном облучении // Радиационное материаловедение: Тр. Междунар. конф. (Алушта, 1990). – Т.5. – Харьков: ХФТИ – 1990. – С.112-120. 	

5. Черемський П.Г. Пори у конденсатах і композиційних системах. Автореферат докт. дисертації, Харків: національний університет ім. В.Н. Каразіна, 2002. – 32с.
6. Черемской П.Г. Методы исследования пористости твердых тел. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 112с.
7. Inagaki M. Pores in carbon materials-importance of their control / M. Inagaki. // New Carbon Materials. – 2009. – V 24, Is 3. – P. 193-232
8. Фенелонов В.Б. Пористый углерод / В.Б. Фенелонов. – Новосибирск: Изд-во Ин-та катализа СО РАН, 1995. – 612с.
9. Махорин К.Е. Получение углеродных адсорбентов в кипящем слое / К. Махорин, А. Глухоманюк. – Киев: Наукова думка, 19836. – 160с.
10. Моделирование кинетики формирования пористой структуры активных углей / А.А. Багреев, А.В. Ледовский, Ю.А. Тарасенко, В.В. Стрелко. // Доповіді НАН України, Хімія. – 2000. – №1. – С.132-137.

Викладач _____ Будзуляк І.М.