

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

Факультет/інститут фізико-технічний

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вуглецеві і оксидні наноматеріали

Освітня програма магістр

Спеціальність 104 Фізика та астрономія

Галузь знань 10 Природничі науки

Затверджено на засіданні кафедри
Протокол № 1 від “30” серпня 2021 р.

ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Опис дисципліни
3. Структура курсу
4. Система оцінювання курсу
5. Оцінювання відповідно до графіку навчального процесу
6. Ресурсне забезпечення
7. Контактна інформація
8. Політика навчальної дисципліни

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Вуглецеві і оксидні наноматеріали
Освітня програма	Магістр
Спеціальність	104 Фізика та астрономія
Галузь знань	10 Природничі науки
Освітній рівень	Магістр
Статус дисципліни	Вибіркова
Курс/семестр	I/I
Розподіл за видами занять та годинами та навчання	Лекції –24год, Семінарські – 3бгод, Самостійна робота – 120год
Мова викладання	українська
Посилання на сайт дистанційного навчання	http://www.d-learn.pn.if.ua
2. Анотація до курсу	
<p>Курс «Вуглецеві і оксидні наноматеріали» створений для магістрів освітньо-наукової програми «104 Фізика і астрономія». Курс розроблено для того, щоб сформувавши у магістрів уявлення про принципово нові фізико-хімічні явища і процеси, що притаманні вуглецевим і оксидним наноматеріалам (пористі структури, нанотрубки, фулерени, композити/активованій вуглець, nanoоксиди перехідних металів) Такі знання є обов'язковими при цілеспрямованому їхньому використанні у пристроях накопичення і збереження електричної енергії.</p>	
3. Мета та цілі курсу	
<p>Мета: відповідно до сучасних вимог забезпечити магістрів знаннями про фізико-хімічні властивості вуглецевих і оксидних наноматеріалів, методи їхнього отримання та діагностики. В курсі подано відомості про сучасний стан та перспективи розвитку досліджень нанопористих вуглецевих матеріалів та композитів (активованій вуглець / nanoоксиди перехідних металів), зокрема про основні напрямки їхнього застосування в пристроях накопичення та зберігання електричної енергії. Розглянуті електрохімічні процеси, які супроводжують генерацію та накопичення електричної енергії. Особлива увага приділена висвітленню конкретних технологічних умов отримання вуглецевих наноматеріалів з сировини рослинного походження та вплив умов синтезу на пористу структуру, величину розвинутої поверхні, поведінку в водних та апротонних електролітах. Окрема частина курсу присвячена принципам формування пристроїв генерації та накопичення електричної енергії, оптимізації їхніх ємнісних та енергетичних характеристик за рахунок тих чи інших механізмів накопичення заряду, зокрема з використанням подвійного електричного шару, псевдоємності.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни магістр повинен:</p> <p><u>Знати</u> основні поняття і терміни: пористий вуглецевий матеріал, графен, фулерен, фулерит, нанотрубки, хіральність, подвійний електричний шар, псевдоємність, водні й апротонні електроліти, імпеданс, пористість, інтеркаляція, композити, активований вуглець / оксидні наноматеріали.</p> <p><u>Вміти</u> застосовувати отримані знання для отримання вуглецевих матеріалів та оксидів перехідних металів з наперед заданими характеристиками, встановити їхні основні характеристики, зокрема питому поверхню, розподіл пор за розмірами, наявність поверхневих функціональних груп, питому електропровідність, сформувавши пристрої для генерації та накопичення електричної енергії і встановити їхню питому ємність, питому потужність, внутрішній опір, в'яснити вплив на дані характеристики тих чи інших функціональних груп.</p>	

4. Результати навчання (компетентності)					
Компетенції соціально-особистісні:					
<ul style="list-style-type: none"> • наполегливість у досягненні мети; • турбота про якість виконуваної роботи; • креативність, здатність до системного мислення. 					
Інструментальні компетенції:					
<ul style="list-style-type: none"> • навички управління інформацією. 					
Професійні компетенції:					
<ul style="list-style-type: none"> • здатність до критичного аналізу та оцінки сучасних наукових досягнень; • здатність генерувати нові ідеї при вирішенні дослідницьких і практичних завдань; • здатність до застосування знань для вирішення завдань якісного і кількісного характеру; • здатність пропонувати та обґрунтовувати гіпотези на основі теоретико-методологічного аналізу; • здатність застосовувати комп'ютерні технології та програми для проведення дослідження та аналізу отриманих даних. 					
5. Організація навчання курсу					
Обсяг курсу					
Вид заняття			Загальна кількість годин		
лекції			24		
семінарські заняття / <u>практичні</u> / лабораторні			36		
самостійна робота			120		
Ознаки курсу					
Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий		
I	104 Фізика та астрономія	I	вибірковий		
Тематика курсу					
Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год	Вага оцінки	Термін виконання
Змістовий модуль 1					
Отримання, структура та властивості нанопористого вуглецевого матеріалу					
Тема 1. Способи отримання та модифікації нанопористого вуглецевого матеріалу Вимоги до вихідної сировини. Гідротермальна методика отримання нанопористого вуглецевого матеріалу. Механізми фізичної активації. Механізми хімічної активації. Термохімічно модифікований вуглецевий матеріал.	Лекція практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу 3/3	6	Згідно розкладу

Допування нано-пористого вуглецевого ма-теріалу металам з високою густиною електронних станів. Лазерна модифікація вуглецевого матеріалу.					
Тема 2. Методи досліджень нанопористого вуглецевого матеріалу. Порометрія. Питома поверхня та розподіл пор за розмірами. Імпедансна спектроскопія. Діаграми Найквіста, їх аналіз. Термо-графічний аналіз. Поверхневі функціональні групи, їх виявлення і аналіз шляхом Раман і ШЧ спектроскопії. Циклічна вольтамперометрія. Вольт-фарадні характеристики.	Лекція/ практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу 3/4	6	Згідно розкладу
Тема 3. Моделі ПЕШ. Умова утворення ПЕШ. Роль хімічних потенціалів при утворенні ПЕШ. Модель Гельмгольца. Врахування концентрації електроліту і величини прикладеного потенціалу в моделі Гуї-Чемпена. Дифузійна модель ПЕШ. Модель Штерна. Сольватованість. Врахування розміру йонів електроліту. Модель Бокріса-Мюллера. Формула для товщини ПЕШ.	Лекція/ практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу 3/5	6	Згідно розкладу
Тема 4. Інтеркаляційні процеси в	Лекція/ практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу	6	Згідно розкладу

<p>нанопористих вуглецевих матеріалах. Основні поняття і терміни. Методи інтеркалювання. Термічно-експозиційний, хімічно-селективний, електрохімічний. Структурні сапекти інтеркалювання. Фазові перетворення, зумовлені процесами інтеркаляції. Гоінтеркаляція і коінтеркаляція. Зарядовий стан “гостьової” підсистеми.</p>			3/5		
Змістовий модуль 2. Пристрої накопичення, генерації та зберігання електричної енергії на основі нанопористого вуглецевого матеріалу та композитів на його основі.					
<p>Тема 5. Принцип роботи та класифікація електрохімічних конденсаторів та джерел електричної енергії. Накопичення заряду подвійним електричним шаром. Псевдоємнісне накопичення заряду. Роль азотовмісних груп. Композити на основі нанопористого вуглецевого матеріалу та наноксидів перехідних металів. Гібридні електрохімічні системи.</p>	Лекція/ практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу 3/5	6	Згідно розкладу
<p>Тема 6. Вимоги до елементів конструкції суперконденсаторів та пристроїв генерації електроенергії. Способи виготовлення електродів, їх оптимальна товщина.</p>	Лекція/ практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу 3/5	5	Згідно розкладу

Взаємозв'язок між масами електродів. Сепаратор. Йонна і електронна провідність сепаратора. Водні і апротонні електроліти, їх провідність та напруга декомпозиції. Металічні і пластмасові корпуси: переваги і недоліки. Струмознімачі.					
Тема 7. Експлуатаційні характеристики суперконденсаторів та пристроїв генерування електричної енергії. Питома ємність і внутрішній опір, оптимальне співвідношення між ними. Питома енергія і питома потужність. Кулонівська ефективність, її залежність від кількості циклів заряду/розряду. Суперконденсатори та пристрої генерації електричної енергії, що працюють за принципом заряду/розряду ПЕШ, псевдоконденсатори, гібридні електрохімічні системи, їхні переваги і недоліки.	Лекція/ практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу 3/5	5	Згідно розкладу
Тема 8. Типи електролітів Водні й апротонні електроліти. Напруга, яку витримує той чи інший електроліт.	Лекція/ практична	Згідно списку літератури	Опрацювання лекційного матеріалу 3/4	5	Згідно розкладу
Підсумковий контроль (екзамен)				45	
6. Система оцінювання курсу					
Загальна система оцінювання курсу		Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, практичних, лабораторних,			

	<p>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 магістрами, виставляються у журналах обліку відвідування та успішності академічної групи.</p> <p>Модульний контроль (сума балів за окремих змістовий модуль) проводиться (виставляється) на підставі оцінювання результатів знань магістрів 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 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 магістром 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 магістрів 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>Магістр допускається до складання екзамену, якщо впродовж семестру він за змістові модулі набрав сумарно 25 балів і вище.</p> <p>Магістр 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 магістра під час</p>	

практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.

Вимоги викладача. Кожен викладач ставить магістрам систему вимог та правил поведінки магістрів 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 магістрів.

8. Рекомендована література

1. Будзуляк І.М., Рачій Б.І., Коцюбинський В.О., Яблонь, Морушко О.В. Синтез, структура та електрохімічні властивості нанопористого вуглецевого матеріалу та композитів на його основі. – Івано-Франківськ: ДВНЗ “Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника”, 2021, 382с.
2. Шпак А.П. Отримання та модифікація нанопористого вуглецю для молекулярних накопичувачів електричної енергії / [А.П. Шпак, І.М. Будзуляк, Р.П. Лісовський та ін.] – К.: Наукове видання. ІФМ НАН України, 2006.– 82 с. – ISBN 966-360-029-2.
3. Остафійчук Б.К. Наноматеріали в пристроях генерування і накопичення енергії / [Б.К. Остафійчук, І.М. Будзуляк, І.І. Григорчак, І.Ф. Миронюк] – Івано-Франківськ. ВДВ ЦІТ Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, 2007. – 200 с. – ISBN 978-966-640-216-8.
4. Preparation and electrochemical characteristics of N-enriched carbon foam / M. Kodama, J. Yamashita, Y. Soneda, [at al.]. // Carbon. – 2007. – V. 45.– P. 1105–1107.
5. Фрумкин А. Н. Двойной слой и электродная кинетика / А. Н. Фрумкин. – М.: Наука, 1981. – 376 с.
6. Béguin F. Carbons for Electrochemical Energy Storage and Conversion Systems / F. Béguin, E. Frackowiak. – CRC Press, 2010. – 532 p.
7. Питомі енергетичні характеристики нанопористого вуглецю, активованого ортофосфорною кислотою / Б. І. Рачій, Б. К. Остафійчук, І. М. Будзуляк, Н. Я. Іванічок. // Журнал нано- та електронної фізики. –2015. – Т. 7, № 4. – С. 04077(6).
8. Nanoporous Nitrogen-containing Coal for Electrodes of Supercapacitors / В. К. Ostafiychuk, I. M. Budzulyak, В. І. Rachiy, М. М. Kuzyshyn, L. О. Shyyko. // Nanoscience and Nanotechnology Research. – 2013. – V. 1, № 2. – P. 17–22.
9. Кузишин М. М. Електрична провідність азотовмісних нанопористих вуглецевих матеріалів / М. М. Кузишин, І. М. Будзуляк, Б. К. Остафійчук, Б. І. Рачій, Р. В. Ільницький, Л. О. Мороз. // Фізика і хімія твердого тіла. – 2014. – Т. 15, № 3. – С. 497–503.
10. Вольфович Ю.М. Электрохимические конденсаторы / [Ю.М. Вольфович, Т.М. Сердюк] // Электрохимия. – 2002. – Т. 38, № 39. – С. 1043–1068.

Викладач _____ Будзуляк І.М.