

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



Факультет фізико-технічний

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Квантові точки**

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.

## **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

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Квантові точки
<b>Викладач (-і)</b>	доктор фізико-математичних наук, професор Будзуляк Іван Михайлович
<b>Контактний телефон викладача</b>	Роб. 0342596185, Моб. 0973704165
<b>Е-mail викладача</b>	ivan-budzulyak@ukr.net
<b>Формат дисципліни</b>	Лекції, практичні заняття, консультації, самостійна робота
<b>Обсяг дисципліни</b>	90 годин (3 кредити)
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	<a href="http://www.d-learn.pu.if.ua/">http://www.d-learn.pu.if.ua/</a>
<b>Консультації</b>	щотижня
<b>2. Анотація до курсу</b>	
<p>Курс «Квантові точки» створений для аспірантів (PhD) за ОП «Прикладна фізика та наноматеріали». Курс розроблено таким чином, щоб поглибити знання аспірантів про нанооб'єкти, освоїти основи технології отримання квантових точок, дослідження їх властивостей та можливостей їх застосування. Основні завдання дисципліни полягають у формуванні в аспірантів уявлення про принципово нові властивості квантових точок, обумовлені їх структурою та енергетичним спектром, зокрема про їх оптичні та фотолюмінесцентні властивості.</p>	
<b>3. Мета та цілі курсу</b>	
<p><b>Мета.</b> Логічно послідовне формування у аспірантів уявлень про різні типи квантових точок, методики їх отримання, унікальні фізичні властивості та сфери їх застосування в різноманітних галузях науки і техніки.</p> <p>В процесі вивчення дисципліни аспіранти повинні отримати чіткі уявлення про фізичні явища та процеси притаманні квантовим точкам, прояву у них всього спектру квантово-механічних властивостей, які є несуттєвими для макрооб'єктів, зокрема залежність енергетичного спектру квантової точки від її розмірів, внаслідок чого отримувати та ціле направлено здійснювати їх оптичні та фотолюмінесцентні властивості.</p> <p>Аспірантам необхідно засвоїти методи отримання квантових точок та усвідомлювати, що їх властивості залежать як від способу отримання так і від матеріалу з якого вона отримана та матриці в якій вона синтезована. Особлива увага буде акцентована на квантових напівпровідникових точках на основі широкозонних напівпровідників (CdTe, CdS, CdSe, ZnTe та вуглецевих квантових точках.)</p>	
<b>4. Результати навчання (компетентності)</b>	
<p>Процес вивчення дисципліни «Фізика лазерів і лазерні технології» спрямований на формування елементів таких <b>універсальних компетенцій</b> аспіранта :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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;</li> <li>2. здатність планувати і здійснювати комплексні дослідження, в тому числі міждисциплінарні, на основі цілісного системного наукового світогляду з використанням набутих практичних знань;</li> <li>3. готовність брати участь в роботі українських і міжнародних дослідницьких колективів для розв'язку наукових і науково-освітніх завдань;</li> <li>4. готовність використовувати сучасні методи і технології наукової комунікації на державній та іноземній мовах;</li> <li>5. здатність слідувати етичним нормам у професійній діяльності;</li> <li>6. здатність планувати і вирішувати завдання професійного і особистісного розвитку</li> </ol> <p>Одночасно передбачається розвиток та формування наступних <b>професійних компетенцій</b>:</p>	

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
2-й	105, Прикладна фізика та наноматеріали	I-й	нормативний

##### Тематика курсу

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

#### Змістовий модуль 1.

##### Синтез та класифікація квантових точок

<b>Тема 1. Основні методи синтезу квантових точок.</b> Освоєння методів синтезу КТ шляхом подрібнення матеріалу (зверху вниз) так і вирощуванням нанокристалів (знизу вверх), отримання КТ в неполярних	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/2	7	згідно розкладу
--	----------------------	--------------------------	--	---	-----------------

середовищах, встановлення стадії росту зародків та кінетики росту наночастинок.					
<b>Тема 2. Класифікація квантових точок.</b> Характеристика КТ за складом, формою, розміром. Основні вимоги до матеріалу КТ. Вплив форми на властивості КТ. Аналіз багатокомпонентних і легованих КТ.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/1	7	згідно розкладу
<b>Тема 3. Вуглецеві квантові точки.</b> Особливості синтезу вуглецевих КТ, їх оптичні і люмінесцентні властивості.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/1	7	згідно розкладу
<b>Змістовий модуль 2.</b>					
<b>Енергетичний спектр, оптичні та люмінесцентні властивості квантових точок.</b>					
<b>Тема 4. Квантово розмірні властивості квантових точок.</b> Прояв квантово-розмірного ефекту в спектрах люмінесценції, зсув Стокса. Часи життя фото збуджених електрон-збуджених пар в залежності від типу КТ.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/1	7	згідно розкладу
<b>Тема 5. Спектри люмінесценції квантових точок.</b> Дві можливості аналізу оптичного спектру нанокристалів – “знизу” і “зверху”, тобто КТ можна представити як багатоатомну молекулу або описати КТ на основі квантового обмеження. Прояв	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/2	7	згідно розкладу

дискретної структури енергетичного спектру. Аналіз причин дискретності.					
<b>Тема 6. Флуоресцентний блінкінг квантових точок.</b> Умови періодичного переходу КТ з режиму люмінесцентного випромінювання (on - стан) до темного стану (off – стан). Можливі механізми кореляції між спектральним зсувом і миганням КТ.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 3/1	7	згідно розкладу
<b>Тема 7. Застосування квантових точок.</b> Практичне застосування КТ в лазерах, в яких можна змінювати довжину хвилі, для світло випромінюючих пристроїв, як матеріал сонячних батарей та при створенні тонко плівкового польового транзистора.	Лекція/ практична	згідно списку літератури	опрацювання лекційного матеріалу, 2/2	8	згідно розкладу
Підсумковий контроль (екзамен)				50	
<b>6. Система оцінювання курсу</b>					
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

Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

**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.

**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.

### 8. Рекомендована література

1. Заячук Д.М. Низькорозмірні структури і надгратки. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 220 с.
2. Малыгин А.А. Химия поверхности и нанотехнология: взаимосвязь и перспективы // Соросский обр. журн. – 2004. – Т. 8, № 1. – С. 32-37.
3. Заячук Д.М. Нанотехнології, наноструктури. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 580 с.
4. Физика и химия поверхности. Книга I. Физика поверхности (в 2-х томах) / Под ред. Н.Т. Картеля и В.В. Лобанова – Киев: Институт химии поверхности им. А.А.Чуйко НАН Украины; ООО «Интерсервис», 2015., Т.2. – 2015. – 522 с.
5. Будзуляк І.М., Яблонь Л.С., Остафійчук Б.К., Григорчак І.І., Морушко О.В., Хемій О.М. Накопичення заряду в електрохімічних системах, сформованих на основі низькорозмірних структур, Івано-Франківськ, 2018. – 316 с.
6. Дельмон Б. Кинетика гетерогенных реакций. – М.: Мир, 197. – 555 с.

7. Ільчук Г.А., Кусьнеж В.В., Токарев В.С. Напівпровідникові кластери CdS в полімерній матриці // Фізика і хімія твердого тіла. – 2006. – Т. 7, № 4. – С. 640-644.
8. Буланій М.Ф., Воровський В.Ю., Коваленко О.В., Хмеленко О.В. Синтез нанопорошків ZnO і ZnO:Mn методом ультразвукового піролізу аерозолі // Журнал нано і електронної фізики. – 2016. – Т. 8, № 2. – С. 02043-5.
9. Корбутяк Д.В., Коваленко О.В., Будзуляк С.І., Мельничук О.В. Наноструктури напівпровідникових сполук  $A_2B_6$ . Ніжин: Видавництво НДУ ім. М. Гоголя, 2020. – 184 с.

**Викладач \_\_\_\_\_ Будзуляк І.М.**