

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

Факультет фізико-технічний

Кафедра матеріалознавства і новітніх технологій

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Фізика наносистем**

Освітня програма другого (магістерського) рівня

Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Галузь знань 10 Природничі науки

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

м. Івано-Франківськ - 2021

## 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>	Фізика наносистем
<b>Викладач (-і)</b>	доктор фізико-математичних наук, професор Льницький Роман Васильович
<b>Контактний телефон викладача</b>	0501027374
<b>E-mail викладача</b>	<a href="mailto:roman.ilnitsky@pnu.edu.ua">roman.ilnitsky@pnu.edu.ua</a>
<b>Формат дисципліни</b>	Лекції, практичні заняття, лабораторні, самостійна робота
<b>Обсяг дисципліни</b>	180 годин (6 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 «Фізика наносистем» створений для студентів спеціальності 105 Прикладна фізика та наноматеріали, ОР магістр. Основними завданнями курсу є формування у студентів понять про основні визначення, фундаментальні аспекти і практичні застосування наноматеріалів, класифікацію дисперсних систем за розмірністю, агрегатним станом і структурою, основні характеристики наночасток і дисперсних систем, суть розмірних ефектів; основи термодинаміки поверхневих явищ; способи синтезу кристалічних фаз: рідкої, газоподібної і кристалічної; кінетичні особливості утворення кристалічних фаз; основні методи обробки поверхні та отримання атомарно - чистої поверхні твердого тіла; суть та методологію основних експериментальних методів дослідження структури і властивостей поверхні твердих тіл і міжфазних границь; поняття про природу реальних поверхонь і міжфазних границь; природу фізичної і хімічної адсорбції. А також вмінь, спрямованих на аналіз стану науково-технічної проблеми, формулювання технічного завдання, постановку мети дослідження на основі підбору і вивчення літературних і патентних джерел; здійснення вибору оптимального методу і програми досліджень, модифікацію існуючих та розробку нових методик отримання наноматеріалів, виходячи із поставлених завдань (отримання матеріалів з наперед заданими властивостями); проведення теоретичних і експериментальних досліджень з метою модернізації або створення нових матеріалів, компонентів, процесів і методів; здійснення фізико-математичного аналізу та фізико-хімічного моделювання розроблювальних матеріалів, компонентів і процесів з метою оптимізації їх параметрів; використання типових та розробка нових програмних продуктів, орієнтованих на вирішення наукових, проектних і технологічних завдань у рамках напряму професійної діяльності; застосування на практиці експериментальних методів отримання (золь-гель метод, гідроліз, темплатний синтез); дослідження структурних та морфологічних, оптичних та магнітних характеристик наносистем (оптичні дослідження морфології поверхні, гамма-резонансні методи, мас-спектроскопічні методи, електронна мікроскопія)</p>	
<b>3. Мета та цілі курсу</b>	
<p>Метою курсу “Фізика наносистем” є забезпечити засвоєння студентами знань про фізичні засади, які лежать в основі роботи вимірних установок. Сформувати у студентів уявлення про сучасний стан вимірної техніки, ознайомити їх з конкретними методами отримання інформації про структуру та фізичні властивості наноматеріалів.</p> <p>Завдання: навчити студента методик вимірювання структури та фізичних властивостей наноб’єктів, способів підготовки зразків до досліджень, аналізувати отримані результати та знаходити оптимальні шляхи отримання інформації про досліджуваний нанооб’єкт з мінімальною кількістю вимірювань.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: основні руйнівні і неруйнівні методи досліджень, зокрема X-променевоу спектроскопію, порометрію, методи термогравіметричного та диференціалнотермічного аналізів, мессбауерівську спектроскопію, мало кутове X-променево розсіювання, комбінаційне розсіювання світла, катодолумінісценцію, ядерний парамагнітний резонанс,</p>	

методи імпедансної спектроскопії, інфрачервону спектроскопію, Оже-електронну спектроскопію, СЕМ і ТЕМ мікроскопії, циклічну вольтамперометрію, електронний парамагнітний резонанс, люмінесценцію.

вміти: провести дослідження властивостей нанооб'єкту на предмет визначення тих чи інших його параметрів, встановити взаємозв'язок між ними, визначити погрішність проведених вимірів. З'ясувати, при яких розмірах нанооб'єкту його властивості кардинально відрізняються від таких властивостей для масивного зразка.

#### 4. Компетентності

##### **Загальні компетентності**

Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми. Здатність планувати та управляти часом.

Здатність мотивувати людей та рухатися до спільної мети. Професійні етичні зобов'язання.

Здатність бути критичним і самокритичним.

Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих зобов'язань. Здатність до пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

Прагнення до збереження навколишнього середовища та застосування енергозберігаючих технологій.

Здатність до аналізу та синтезу.

Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Здатність розробляти та управляти проектами..

##### **Спеціальні (фахові, предметні) компетентності**

Здатність використовувати закони й принципи фізики у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ.

Здатність пояснити фізику процесів самоорганізації, що протікають під час синтезу наноструктур та наступних їхніх обробок.

Здатність будувати відповідні моделі природних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи.

Здатність професійно орієнтуватися в сучасних проблемах прикладної фізики і новітніх фізичних методах досліджень і наукових технологій.

Здатність правильно використовувати набуті знання і навички на практиці та при роботі у науково-дослідних лабораторіях.

Здатність формулювати, аналізувати та синтезувати розв'язки наукових проблем на абстрактному рівні шляхом декомпозиції їх на складові, які можна дослідити окремо в їх більш та менш важливих аспектах.

Здатність використовувати сучасні підходи і методи досліджень методів X-променевої діагностики.

Здатність використовувати теоретичні і практичні знання в галузі чисельних методів, розробляти теоретичні і прикладні моделі розв'язуваних наукових проблемі задач.

Здатність виконувати оригінальні дослідження в експериментальній прикладній фізиці та наноматеріалів і досягати наукових результатів із звертанням та використанням новітніх наукових методів.

Здатність використання наукового обладнання та технологій, що відносяться до прикладної фізики та виробів з наноматеріалів.

Здатність аналізувати дані проведених експериментів із дослідження фізики конденсованого стану та матеріалознавства наноматеріалів.

#### 5. Результати навчання

##### **Програмні результати навчання**

Уміння застосовувати знання і розуміння для розв'язання задач, які характерні обраній спеціальності.

Вміти використовувати методи та методики проведення наукових та прикладних досліджень.

Знати методологію системних досліджень, методів дослідження та аналізу складних об'єктів та процесів, розуміти їх складність, їх різноманіття, багатофункціональність для розв'язання прикладних завдань в галузі професійної діяльності.

Систематично читати літературу за фахом (у тому числі закордонну), скласти реферати, анотації, аналітичні огляди тощо.

Уміти пояснити фізику процесів самоорганізації, що протікають під час синтезу наноструктур та наступних їхніх обробок

Використовувати набуті знання і навички на практиці та при роботі у науково-дослідних лабораторіях, визначати симетрію кристалічних многогранників, ініціювати кристалографічні площини, застосовувати основи теорії дифракції X-променів для пояснення суті структурних методів дослідження твердих тіл.

Використовувати метод кореляційних функцій до обчислення термодинамічних величин.

Застосовувати кристалічні класи до поверхневих об'єктів, флуктуаційну теорію критичної точки до утворення зародків при фазових переходах.

Проводити математичне моделювання, аналітичні обчислювання чи чисельні розрахунки з врахуванням можливостей сучасних високопродуктивних обчислювальних систем.

Вміти аналізувати альтернативні варіанти розв'язання дослідницьких і практичних задач та оцінювати потенційні вигрешні/прогрешні реалізації цих.

Вміти вибирати метод дослідження і тип експериментальної установки для дослідження конкретної задачі і в конкретному діапазоні досліджуваних параметрів

Здобуття і розуміння поглибленого рівня у прикладній фізиці та наноматеріалознавстві та споріднених областях, включаючи методики проведення експериментів і технології отримання наноматеріалів, рівень цих знань повинен бути остатнім для проведення наукових досліджень на рівні освітніх досягнень в напрямленім на їх розширення та поглиблення.

## 6. Організація навчання курсу

### Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	14
семінарські заняття / <u>практичні</u> / <b>лабораторні</b>	26/20
самостійна робота	120

### Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
2	105 Прикладна фізика та наноматеріали другий (магістерський) рівень	I	вибірковий

### Тематика курсу

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

### Змістовий модуль 1.

#### Фізика нанорозмірних структур

<b>Тема 1. Квантово-розмірні системи.</b> Квантово-розмірні системи. Квантове обмеження в нескінченному прямокутному потенціалі. Енергетичні стани в обмеженому прямокутному потенціалі. Густина станів в низькорозмірних системах. Густина станів для трьохвимірного простору. Густина станів для двовимірного простору (квантова яма). Густина станів для одновимірного випадку (квантова нитка). Нуль	Лекція /практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел, 1/2	5	згідно розкладу
---	-------------------	--------------------------	---	---	-----------------

вимірний випадок (квантова точка)					
<p><b>Тема 2. Кластери, атомна будова і технологія їх одержання.</b></p> <p>Основні поняття і ознаки наночастинок. Технології отримання нанокластерів. Способи отримання кластерів. Джерела одержання кластерів. Ліганд-стабілізація. Формування кластерних систем шляхом газофазного синтезу. Основні закономірності утворення кластерів. Механізми зародження кластерів. Структура і форма малих частинок конденсату. Динамічні властивості атомів в кластерах. Кластерні моделі. Термодинамічна модель. Модель желе.</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел, 1/2	5	згідно розкладу
<p><b>Тема 3. Властивості ізольованих кластерів.</b></p> <p>Основні властивості кластерів. Кластери металів. Кластери напівпровідників і молекул. Поверхнева енергія наночастинок. Оптичні властивості нанокластерів. Поглинання світла наночастинок. Затухання світла у наночастинках. Екстинція в металевих наночастинках. Магнітні властивості кластерів. Основні поняття. Суперпарамагнетизм. Константа магнітної анізотропії. Блокуючі температура та критичний об'єм. Наночастинок у зовнішньому магнітному полі. Застосування нанокластерів.</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Тестування, 1/2	5	згідно розкладу
<p><b>Тема 4. Особливості фізичних властивостей у наноб'єктах</b></p> <p>Густина станів у 0D-, 1D- та 2D- наноб'єктах. Одноелектронне тунелювання в системі квантових точок. Особливості кінетики у мезоскопічних системах. Явище локалізації. Локалізація електронів</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему	5	згідно розкладу

в тонких дротах. Закономірності зміни оптичних явищ у напівпровідниках при переході від масивного кристалу до нанорозмірного. Ефект макроскопічного квантового тунелювання			та їх обговорення. Тестування, 1/4		
<b>Тема 5. Фізико-хімічні начала супрамолекулярних ансамблів</b> Розвиток уявлень про супрамолекулярні комплекси. Комплементарність та термодинамічна і кінетична селективність. Види і фізична природа супрамолекулярних взаємодій. «Господарі» для катіонів, аніонів, нейтральних молекул. Цвіттер-іони. Інженерія кристалів і стратегія їх дизайну. Клатрати. „Філософія” супрамолекулярного пристрою. Фізичні концепції міжконтентного перенесення заряду і енергії в супрамолекулярних ансамблях і базові засади конструювання молекулярних пристроїв і машин.	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування 2/2	5	згідно розкладу
<b>Тема 6. Фізика органічних напівпровідників</b> Електронна структура органічних напівпровідників. Процеси перенесення електронного збудження молекул. Фотогенерація в молекулярних середовищах. Електронна провідність полімерних матеріалів. Перенесення заряду в органічних напівпровідниках та моделі електропровідності органічних напівпровідників. Класифікація органічних матеріалів для елементів, пристроїв електронної техніки	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування. 2/2	5	згідно розкладу
<b>Змістовий модуль 2.</b>					
<b>Фізичні методи отримання та діагностики нанодисперсних матеріалів</b>					
<b>Тема 1. Технологія отримання ізольованих наночастинок та еволюція вільної наносистеми</b> Основи технології наночастинок. Класифікація методів	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з	5	згідно розкладу

<p>за принципами «знизу - вгору» і «зверху-вниз», фізичні і хімічні методи. Помол і диспергування. Нуклеація і агломерація. Ріст з парів і розчинів. Основні параметри росту наночастинок. Зародження і ріст наночастинок в гомогенному середовищі і на поверхні твердого тіла. Фізичні методи отримання наночастинок. Хімічні методи отримання металевих наночастинок. Синтез напівпровідникових нанорозмірних матеріалів. Зольгель процеси отримання наноструктурних композитів. Закономірності еволюції нанодисперсних речовин</p>			<p>джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування. 1/2</p>		
<p><b>Тема 2. Наноматеріали для наноелектроніки. Наноструктуровані системи “господар-гість”</b> Нанорозмірні надпровідники. Наноструктуровані кристали для фотоніки. Сегнетоелектрики. Наноферромагнетика. Наночастинки у технології пристроїв генерування енергії. Інтеркаляційні структури. Самозбирання і каталіз. Структури з нанообмеженою пористою геометрією. Аномальна фізична поведінка речовин в мезопористих решітках. Наносистеми з органічною ізоляцією.</p>	<p>Лекція/практична/лабораторна</p>	<p>згідно списку літератури</p>	<p>Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування. 1/2</p>	<p>5</p>	<p>згідно розкладу</p>
<p><b>Тема 3. Методи формування нанорозмірних структур</b> Базові технології формування нанорозмірних структур. Вакуумні методи формування плівок органічних матеріалів. Молекулярний конструктор Ленгмюра–Блоджетт. Технологія формування плівок з розчину. Зондові нанотехнології</p>	<p>Лекція/практична</p>	<p>згідно списку літератури</p>	<p>Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування. 1/2</p>	<p>5</p>	<p>згідно розкладу</p>



<p><b>Тема 4. Оптичні властивості наноматеріалів.</b>          Оптичні властивості наноматеріалів. Закон Релея. Основи теорії Мі. Визначення розміру частинок дисперсних систем методом вимірювання спектру мутності. Фотоелектричні методи перетворення сонячної енергії. Фоточутливість органічних напівпровідників. Фізика функціонування органічних сонячних фотоелементів. Структура органічних сонячних фотоелементів</p>	Лекція/практична	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування. 1/2	5	згідно розкладу
<p><b>Тема 5. Методи дослідження морфології наноматеріалів.</b>          Методи аналізу нанорозмірних матеріалів. Локальність і глибина аналізу. Особливості аналізу високодисперсних систем. Визначення середнього розміру часток. Можливості і обмеження методу рентгенівської дифракції. Визначення вкладу поверхні і об'єму.</p>	Лекція/практична/лабораторна	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування. 1/2	5	згідно розкладу
<p><b>Тема 6. Методи дослідження нанооб'єктів.</b>          Діагностика поверхні твердого тіла та структури. Електронна мікроскопія. Сканувальна зондова мікроскопія. Рентгено-електронна спектроскопія. Оже-спектроскопія. Іонні спектральні методи дослідження поверхні. Катодолюмінісцентна спектроскопія. Фотолюмінесцентне дослідження спектрів. Оптична інфрачервона та раманівська спектроскопія. Імпедансна спектроскопія</p>	Лекція/практична/лабораторна	згідно списку літератури	Підготовка конспекту з теми під час лекції та самостійні доповнення з джерел. Доповідь та презентації на задану тему та їх обговорення. Тестування. 1/2	5	згідно розкладу
Підсумковий контроль (екзамен)				50	
<b>6. Система оцінювання курсу</b>					
Загальна система оцінювання курсу	Структура розподілу балів у ході аудиторно-самостійної роботи (вересень – грудень): 1) присутність на лекційному та семінарському занятті – 1 бал;				

	<p>2) усні відповіді на семінарських заняттях з використанням презентацій; підготовка доповідей, есе, тощо – максимально - 5 балів (обов'язковою є одна оцінка із п'яти семінарських/практичних занять);</p> <p>3) одна контрольна робота (письмова форма/дистанційна із використанням комп'ютерних технологій) – максимально 5 балів.</p> <p>4) самостійна робота – здійснюється як в аудиторний так і поза аудиторний час із наперед визначених робочою програмою тем (максимально -25 балів).</p> <p>Мінімальна кількість балів допуску до екзамену – 25 балів  Максимальна кількість балів допуску до екзамену – 50 балів  Екзамен – 50 балів  Підсумкова оцінка – максимум 100 балів (мінімум 50 балів).</p>
Вимоги до письмової роботи	<p>Обов'язковим є написання однієї контрольної роботи. Результат роботи оцінюється максимально - 5 балів.</p> <p>Контрольна робота – охоплює матеріал лекційних тем. Кількість запитань: 4. Запитання відкритого типу (без варіантів відповідей). Час виконання: 80 хв. (в межах семінарського заняття) / або у дистанційній формі із використанням тестових технологій (Структура тесту: Загальна кількість питань - 40; На одне поставлене питання є чотири варіанти відповідей, одна з яких правильна).</p> <p>Критерії оцінювання:</p> <p>Контрольна робота максимально оцінюється у 5 балів. При цьому, 5 балів виставляється, коли усі питання розкриті повністю, наведені конкретні приклади описаних понять та феноменів з ґрунтовним аналізом їх характерних особливостей. 4 бали – питання розкриті не в повній мірі, з мінімальною кількістю прикладів та характерних особливостей, проте аспірант дав відповіді на всі питання. 3 б. - аспірант не дав відповідь на два питання, проте дав часткові відповіді на решта питань 2 б. виставляється аспіранту, який не відповів на жодне питання контрольної роботи або не розкрив зміст жодного із питань.</p>
Семінарські заняття	<p>Робота на семінарських заняттях оцінюється за наступними критеріями:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- присутність на занятті та підготовлений конспект згідно плану практичного заняття - 1 бал;</li> <li>- опрацювання проблемних питань та їх усне обговорення в дискусійній формі (доповнення, відповіді на запитання викладача, висловлювання своєї обґрунтованої точки зору під час обговорення проблемних питань, тощо) - 3 бали;</li> <li>- виступ із доповіддю на питання, яке визначене планом практичного завдання - 4 бали (за умови, що відповідь буде змістовною та відповідати плановому питанню);</li> <li>- якщо при виступі проявлена ґрунтовна підготовка, висловлюється власна точка зору щодо означеної проблеми, яка підкріплюється відповідною аргументацією, використовується попередньо розроблена презентація,</li> </ul>

	<p>подані правильні відповіді на уточнюючі запитання викладача та студентів - 5 балів.</p> <p>Таким чином участь в роботі практичних занять може забезпечити отримання до 5 балів за одне заняття.</p> <p>В межах 5 запланованих семінарських занять є обов'язковою 1 (одна) усна відповідь.</p>
Умови допуску до підсумкового контролю	<p>Підсумкова оцінка виставляється після повного вивчення навчальної дисципліни, яка виводиться як сума проміжних оцінок, які отримав аспірант.</p> <p>Студент допускається до підсумкового контролю (екзамен) за умови виконання усіх запланованих видів робіт і отримання 25 і більше балів (максимально – 50).</p>

### 7. Політика курсу

Політика курсу:

- не запізнюватися та не пропускати заняття;
- добросовісно готуватися до виконання лабораторних робіт;
- відпрацьовувати лабораторні заняття, пропущені з поважних причин
- самостійно працювати з рекомендованою та допоміжною літературою.

Норми академічної етики мають повністю відповідати Кодексу честі ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», який Ухвалений Конференцією трудового колективу ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» 29 грудня 2015 року (зі змінами від 29 листопада 2017 року, протокол засідання Вченої ради ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника» №11).

Різні конфліктні ситуації відкрито обговорюються у групі, безпосередньо, з викладачем або едвайзером чи співробітниками деканату.

### 8. Рекомендована література

#### Базова

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон // М.- Мир.- 1979. - 568с.
2. Андриевский Р.А. Наноматериалы: концепции и современные проблемы / Р.А. Андриевский // Российский химический журнал. - 2002. - Т. 46, №5.
3. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля // М.- Издательский центр "Академия".- 2005. - 192с.
4. Балабанов В.И. Нанотехнологии. Наука будущего / В.И. Балабанов // М.- Эксмо, 2009. - 248с.
5. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела : в 2 т. / Н. Ашкрофт, Н. Мер-мин. - М. : Мир, 1979. - Т. 1. - 400 с.
6. Ашкрофт, Н. Физика твердого тела : в 2 т. / Н. Ашкрофт, Н. Мермин. - М. : Мир, 1979. - Т. 2. - 424 с.
7. Ашмарин, И. П. Ингибиторы синтеза белка / И. П. Ашмарин, Л. И. Ключарев. - Ленинград : Медицина, 1975. - 207 с.
8. Гусев, А. И. Нанокристаллические материалы / А. И. Гусев, А. А. Ремпель. - М. : Физматлит, 2000. - 224 с.
9. Балезин С.А. Основы физической и коллоидной химии / С.А. Балезин, Г.С. Парфенов // М. - Просвещение.- 1964. - 454с.
10. Болдырев А.И. Физическая и коллоидная химия / А.И. Болдырев // М.-Высш. шк.- 1983. - 408с.
11. Наноструктурные материалы. Учебное пособие для студ. высш. учебн. заведений. // Р.А.Андриевский, А.В.Рагуля. – М.Издательский центр "Академия", 2005, - 192 с.
12. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Мир материалов и технологий. Техносфера, Москва, 2005.

13. Волков С.В. Нанохімія наносистеми наноматеріали / С.В. Волков, Є.П. Ковальчук, В.М. Огненко, О.В. Решетняк // К. - Наукова думка. - 2008. - 422с.
14. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий // М.- Химия. - 1976. - 512с.
15. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев // М.- ФИЗМТЛИТ.- 2005. - 416с.
16. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки и их эмиссионные свойства / А.В. Елецкий // Успехи физических наук. – 2002. – Т.172, №4.
17. Евстратова К.И. Физическая и коллоидная химия / К.И. Евстратова, Н.А. Купина, Е.Е. Малахова // М.- Высш. шк. - 1990. – 487с.
18. Захарова Г.С. Нанотрубки и родственные наноструктуры оксидов металлов / Г.С. Захарова, В.Л. Волков, В.В. Ивановская, А.Л. Ивановский // Екатеринбург. - УрО РАН. - 2005. - 238с.
19. Захарченко В.Н. Коллоидная химия / В.Н. Захарченко // М. - Высш. шк., 1989.-238с.
20. Кац Е.А. Фуллерены, углеродные нанотрубки и нанокластеры: Родословная форм и идей / Е.А. Кац // М.- Издательство ЛКИ.- 2008. - 296с.
21. Киреев В.А. Краткий курс физической химии / В.А. Киреев // М.- Химия.-1978. - 620с.
22. Пархоменко В.Д. Плазмохимические методы получения порошкообразных веществ и их свойства / В.Д. Пархоменко, П.И. Сорока, Ю.И. Краснокутский, В.Г. Верещак // Всесоюзный журнал химического общества им. Д.И. Менделеева. - 1991. - Т.36, №2.
23. Письменко В.Т. Дисперсные системы / В.Т. Письменко, Е.Н. Калюкова // Ульяновск.- УЛГТУ. - 2005. - 196с.
24. Пул Ч. Нанотехнологии / Ч. Пул, Ф. Оуэнс // М.- Техносфера. - 2005. - 336с.
25. Раков Э.Г. Химия и применение углеродных нанотрубок / Э.Г. Раков // Успехи химии. - 2001. - Т.70, №10.
26. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех: большое - в малом / М. Рыбалкина // М. - 2005. - 444с.
27. Сергеев Г.Б. Нанохимия / Г.Б. Сергеев // М.- Изд-во МГУ.- 2003. - 288с.
28. Суздаев И.П. Нанотехнология: физикохимия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И.П. Суздаев // М.- КомКнига. - 2006. - 592с.
29. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг // Л. - Химия. - 1974. - 352с.

#### **Допоміжна**

1. Хмельницкий Р.А. Физическая и коллоидная химия / Р.А. Хмельницкий // М.- Высш. шк.- 1988. - 400с.
2. Щукин Е.Д. Коллоидная химия / Е.Д. Щукин, А.В. Перцев, Е.А. Амелина // М.- Изд-во МГУ.- 1982. - 416с.
3. Щур А.Л. Высокомолекулярные соединения / А.Л. Щур // М.-Высш. шк. -1971. - 656с.
4. Ярославцев А.Б. Основы физической химии / А.Б. Ярославцев // М.-Научный мир. -1998.- 230с
5. Третьяков Ю.Д. Гомогенные солевые и гидроксидные системы как прекурсоры для получения керамических порошков / Ю.Д. Третьяков, Н.Н. Олейников, А.А. Вертегел // Журн. неорганической химии. - 1996. - Т.41, №6.
6. Мелихов И.В. Тенденции развития нанохимии / И.В. Мелихов // Российский химический журнал. - 2002. - Т. XLVI, №5.
7. Мовчан Б.А. Электронно-лучевая гибридная нанотехнология осаждения неорганических материалов в вакууме / Б.А. Мовчан // Актуальные проблемы современного материаловедения. - К.- Изд. Академперіодика, 2008. – Т.1.
8. Москаленко В.Ф. Нанонаука: стан, перспективи досліджень / В.Ф. Москаленко, Л.Г. Розенфельд, І.С. Чекман, Б.О. Мовчан // Науковий вісник Національного медичного університету імені О.О.Богомольця. - 2008. - №4.

9. Хайрутдинов Р.Ф. Химия полупроводниковых наночастиц / Р.Ф. Хайрутдинов // Успехи химии. - 1998. - Т.67, №2.

Інформаційні ресурси

1. «<http://lib.pu.if.ua>
2. <http://www.nbu.gov.ua/>
3. <http://www.springer.com/?SGWID=5-102-0-0-0>
4. <http://www.sciencedirect.com>
5. <http://www.scopus.com/home.url>
6. <http://search.epnet.com/>
7. <http://journals.aip.org/>
8. <http://publish.aps.org/>
9. Хімічна енциклопедія (<http://www.cnsbh.ru/AKDiL/0048/default.shtm> )
10. Електронні книги, словники, енциклопедії (<http://www.y10k.ru> )
11. «Нанотехнологическое общество» (<http://www.nanometer.ru> )
- 12.

Викладач \_\_\_\_\_ Ільницький Р.В.