

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ФІЗИКИ ТА НАНОМАТЕРІАЛІВ

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан фізичного факультету

\_\_\_\_\_ В.І. Горбенко \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали та прізвище)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017

**НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ СУЧАСНИХ  
НАНОМАТЕРІАЛІВ, ПЛІВОК ТА КОМПОЗИТИВ**

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки \_\_\_\_\_ бакалавра \_\_\_\_\_

спеціальності 105 – прикладна фізика та наноматеріали

освітньо-професійна програма \_\_\_\_\_ прикладна фізика \_\_\_\_\_

**Укладач** Недоля Анатолій Васильович, к.ф.-м.н., доцент.

Обговорено та ухвалено  
на засіданні кафедри прикладної фізики та  
наноматеріалів \_\_\_\_\_

Протокол № 1 від “29” серпня 2017 р.  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **В.Г. Міщенко** \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою  
фізичного факультету

Протокол № 1 від “31” серпня 2017 р.  
Голова науково-методичної ради  
факультету \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **Н.І. Тихонська** \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали, прізвище)

2017 рік

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти,	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів - 4	Галузь знань <u>10 Природничі науки</u> (шифр і назва)	за вибором	
		Цикл дисциплін вільного вибору студента	
Загальна кількість годин - 120	Спеціальність <u>105 Прикладна фізика та наноматеріали</u> (шифр і назва)	<b>Рік підготовки:</b>	
	Освітньо-професійна програма <u>прикладна фізика</u>	4 -й	-
		<b>Лекції</b>	
Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання: – 3.0 год., сам. робот.- 5 год.	Рівень вищої освіти: <b>бакалаврський</b>	30 год.	-
		<b>Практичні</b>	
		15 год.	-
		<b>Лабораторні</b>	
		-	-
		<b>Самостійна робота</b>	
		75 год.	-
<b>Вид контролю:</b> екзамен			

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Метою** викладання навчальної дисципліни «Новітні технології одержання сучасних наноматеріалів, плівок та композитів» є ознайомити студентів з основними методами сучасних технологій виробництва і синтезу наноматеріалів, плівок та композитів, використання їх в напрямках розвитку сучасного матеріалознавства, базуючись на фундаментальних принципах сучасної хімії, фізики та матеріалознавства, що дозволяють створювати нові матеріали або підсилювати комплекс корисних властивостей нових матеріалів та ефективно їх використовувати в сучасних умовах, які складають основу сучасних технологій. Ці знання стануть корисним при підготовці кваліфікаційної або курсової роботи та допоможуть у виборі сучасного напрямку майбутньої професійної діяльності.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Новітні технології одержання сучасних наноматеріалів, плівок та композитів» є зорієнтувати студента у сучасних проблемах, пов'язаних із технологіями одержання наноматеріалів, плівок та композитів; ознайомити з технологіями їхнього виробництва; розширити світогляд студента та розвинути уміння та навички

для самостійного розв'язання практичних та технологічних завдань та отриманні додаткових знань. Студент при вивченні курсу готується самостійно застосовувати сучасні методи в науково-дослідних та науково-технічних роботах.

Згідно з вимогами освітньої (освітньо-професійної, освітньо-наукової) програми студенти повинні досягти таких результатів навчання (компетентностей):

**знати:**

- основні принципи класифікації матеріалів; методи їх одержання та застосування;
- основні технології одержання вуглецевих матеріалів;
- термодинаміку і хімічну кінетику процесів синтезу;
- фізичні принципи сучасних технологій одержання наноматеріалів, плівок, композитів;
- властивості новітніх матеріалів;
- галузі використання наноматеріалів та композитів
- визначення матеріалів за ступенем дисперсності,
- особливості вимог до наноматеріалів, плівок та композитів;

**уміти:**

- використовувати отримані знання для розв'язання сучасних задач;
- формулювати підходи до вирішення проблеми отримання матеріалів із заданими властивостями;
- самостійно опрацьовувати сучасні наукові доробки у галузі виробництва наноматеріалів і використовувати їх під час вирішення технологічних проблем розробки сучасних матеріалів на вуглецевій основі.
- самостійно опрацювати наукові літературні джерела та підготувати доповіді про сучасний стан розвитку технологій одержання новітніх матеріалів.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти повинні досягти таких результатів навчання (компетентностей):

- здатність опрацьовувати наукові публікації;
- здатність аналізувати фактичний матеріал та створювати на його основі доповіді;
- здатність класифікувати наноматеріали, плівки та композити за фізичними властивостями;
- здатність розуміти і використовувати сучасні теоретичні знання в галузі фізики для аналізу станів та властивостей новітніх матеріалів;
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями в області сучасних матеріалів;
- навички робити доповіді з обраної наукової теми;

- вміння дискутувати та задавати питання за результатами доповіді чи дослідження.

**Міждисциплінарні зв'язки.** Для опанування курсу «Новітні технології одержання сучасних наноматеріалів, плівок та композитів» студенти повинні мати базову підготовку з вищої математики, загальної та теоретичної фізики, фізики твердого тіла, матеріалознавства, кристалографії, тощо. У свою чергу, знання з курсу «Новітні технології одержання сучасних наноматеріалів, плівок та композитів» можуть використовуватися студентами при ознайомленні із сучасними проблемами фізики конденсованого стану, фізики полімерів, металофізики і матеріалознавства, нанофізики і фізики квантових явищ, тощо.

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### *Розділ 1. Наноматеріали та технології їхнього отримання*

##### *Тема 1. Класифікація наноматеріалів*

Поняття про наноматеріали. Термінологія та основні визначення: наноматеріали, нанотехнології, наносистемна техніка, наночастинки, наноструктурна матеріали, нанокомпозит, нанокластер, нанострижень, нанопластина та інші терміни. Підходи до визначення наноматеріалів: за геометричним розміром, за критичним розміром, за часткою межі поділу, якісний та комплексний підходи.

##### *Тема 2. Властивості наноматеріалів*

Особливості наноматеріалів. Вплив розмірних факторів на властивості наноматеріалів. Класичні та квантові розмірні ефекти. Класифікація за вимірністю квантоворозмірного об'єкту. Розподіл густини електронних станів для квантоворозмірних об'єктів.

##### *Тема 3. Хімічні технології одержання нанопорошків шляхом осаджування*

Класифікація хімічних технологій одержання нанопорошків. Хімічне осадження з парової фази (CVD-метод): метод перенесення через газову фазу; метод відновлення із подальшим розкладом, метод високотемпературного гідролізу. Методи осаджування з розчинів: хімічне осадження; золь-гель метод; метод рідкофазного відновлення; метод гідротермального синтезу; мікроемульсійний метод; кріохімічний метод.

##### *Тема 4. Хімічні технології відновлення, розкладання та синтезу нанопорошків*

Методи високоенергетичного синтезу: детонаційний метод; плазмово-хімічний метод. Методи розкладання нестабільних з'єднань: термічне та

радіаційне розкладання. Відновлювальні процеси: відновлення металевих з'єднань воднем, металургійний метод. Переваги та вади хімічних технологій одержання нанопорошків.

#### *Тема 5. Фізичні технології одержання нанопорошків із газової фази*

Класифікація фізичних технологій одержання нанопорошків. Фізичне осадження з парової фази (PVD-метод). Метод термічного випаровування: індукційне випаровування; електродугове випаровування; електронно-променеве випаровування; лазерне випаровування, абляція. Методи вибухового випаровування: вибухом провідника, імпульсне лазерне випаровування. Метод випаровування з потоку інертного газу, лефітаційно-струменевий метод.

#### *Тема 6. Фізичні методи одержання нанопорошків шляхом розпорошення та подрібнення*

Методи розпорошення розтопу: водоохолодженим диском; метод ударного розпорошення розтопу; метод електродинамічного розпорошення розтопу. Методи механічного подрібнення. Метод розмелювання в млині, навії, ат риторі, горизонтальному симолоєрі. Метод протиструменевого розмелювання у псевдо розрідженому шарі.

#### *Тема 7. Методи одержання об'ємних наноструктурованих матеріалів*

Методи аморфізації. Метод надшвидкого іонно-плазмового та термічного напилення матеріалу на охолоджену підкладку. Метод хімічного та електролітичного осадження іонів металів на підкладку. Метод обтоплення тонких поверхневих шарів матеріалу лазерним променем. Метод лазерної обробки суміші порошків в умовах швидкого відведення тепла від розтопу. Метод закалювання із рідкого стану. Методи інтенсивної пластичної деформації: метод скручування під високим тиском; метод рівно канального кутового пресування.

#### *Тема 8. Загальна схема отримання виробів із порошків*

Технологічний процес виготовлення деталей та виробів з порошків. Виготовлення шихти потрібного складу: одержання порошків; сепарація порошків; перемішування порошків; одержання прес-порошків, шлікерів. Одержання компактованого напівфабрикату: дозування сировини; формоутворення напівфабрикату шляхом пресування, лікерного лиття попередня різання заготовки. Спикання. Вторинна обробка тиском.

Механічна обробка заготовки різанням. Нанесення декоративних, захисних або функціональних покриттів.

## **Розділ 2. Плівки, композити та технології їхнього одержання**

### *Тема 9. Технології нанообробки поверхні*

Технології, які базуються на хімічних та фізичних процесах. CVD, MOCVD–технології: технології відновлення; піроліз карбонілів; диспропорціонування; методи, що базуються на взаємодії із проміжними компонентами. PVD-технології: термічного випаровування; методи катодного та магнетронного розпилення; методи іонного осаджування; методи іонного плакування або перемішування; метод іонної імплантації.

### *Тема 10. Технології одержання плівок*

Методи осаджування у плазмі сьйного розряду. Методи світлової та електронної літографії. Метод осадження з розчинів металоорганічних з'єднань. Методи хімічної та електрохімічної оксидації. Методи газотермічного напилювання: швидкісного газополуменевого (HVOF); плазмового напилювання на повітрі (APS); плазмового напилювання в контрольованій атмосфері (VPS). Лазерні методи одержання наноплівки: метод лазерного легування або імплантації; метод лазерної аморфізації поверхні. Методи інтенсивної пластичної деформації поверхневого шару. Метод ультразвукового впливу на поверхню.

### *Тема 11. Багатокомпонентні наноструктурні плівки*

Інженерія поверхні. Трібологічні покриття. Самозмащуванні покриття. Покриття, що мають жаростійкість, корозійну стійкість, стійкість до високотемпературного окислювання. Біопокриття та покриття для медицини. Теплопровідні покриття. Акусто-оптичні покриття. Покриття для мікроелектроніки. Багатошарові покриття у оптиці. Технології одержання функціональних покриттів.

### *Тема 12. Композитні матеріали*

Основні визначення. Основні типи класифікації композитних матеріалів. Класифікація композитних матеріалів за матеріалом матриці та армуючі компоненти. Класифікація композитних матеріалів за структурою. Класифікація композитних матеріалів за методом одержання. Класифікація композитних матеріалів за галузями використання.

### Тема 13. *Металеві композитні матеріали*

Композитні матеріали на основі металів та сплавів. Композитні матеріали з алюмінієвою матрицею. Вплив армування частинками на опір спрацюванню алюмоматричних композиційних матеріалів. Композиційні матеріали з магнієвою та титановою матрицею. Композиційні матеріали із металевих компонентів, які не змішуються одна з одною. Шаруваті композиційні матеріали. Композити на основі тугоплавких металів. Властивості металевих композитів.

### Тема 14. *Вуглецево-вуглецеві композитні матеріали*

Класифікація вуглецево-вуглецевих композитів за складом: коксо-пековий склад компонентів; сажо-наповнювальні пекові композити; феноло-формальдегідні композиції. Класифікація вуглецево-вуглецевих композитів за технологією одержання: газофазна, рідкофазна та твердофазна технології. Класифікація ВВК за характеристиками структури: молекулярна; кристалічна; парувата. Властивості вуглецево-вуглецевих композитів.

### Тема 15. *Керамічні композитні матеріали*

Основні властивості керамічних композитних матеріалів. Кераміко-металеві композитні матеріали – кермети на основі боридів, карбідів, нитридів. Властивості керметів та їхня мікроструктура. Волокнисті керамічні композиційні матеріали. Застосування керамічних композиційних матеріалів.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви тематичних розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	сам.роб.	інд.завд. (при наявності)		л	п	лаб.	сам.роб.	інд.завд. (при наявності)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
<b>Розділ 1. Систематика матеріалів та властивості розупорядкованих систем</b>												
Тема 1. Класифікація наноматеріалів	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 2. Властивості наноматеріалів	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-

Тема 3. Хімічні технології одержання нанопорош- ків шляхом осаджуван- ня	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 4. Хімічні технології відновлен- ня, розкладан- ня та синтезу нанопорош- ків	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 5. Фізичні технології одержання нанопорош- ків із газової фази	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 6. Фізичні методи одержання нанопорош- ків шляхом розпорошен- ня та подрібнен- ня	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 7. Методи одержання об'ємних нанострук- турованих матеріалів	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 8. Загальна схема отримання виробів із порошків	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Разом за розділом 1	64	16	8		40							



<b>Розділ 2. Багатокомпонентні матеріали з різним типом упорядкування</b>												
Тема 9. Технології нанообробки поверхні	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 10. Технології одержання плівок	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 11. Багатоком- понентні наноestruc- турні плівки	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 12. Композитні матеріали	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 13. Металеві композитні матеріали	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 14. Вуглецево- вуглецеві композитні матеріали	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Тема 15. Керамічні композитні матеріали	8	2	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-
Разом за розділом 2	56	14	7	-	35	-	-	-	-	-	-	-
<i>Усього годин</i>	120	30	15	-	75	-	-	-	-	-	-	-

### 5. Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Класифікація наноматеріалів	2
2	Властивості наноматеріалів	2
3	Хімічні технології одержання нанопорошків шляхом осаджування	2
4	Хімічні технології відновлення, розкладання та синтезу нанопорошків	2
5	Фізичні технології одержання нанопорошків із газової фази	2
6	Фізичні методи одержання нанопорошків шляхом розпорошення та подрібнення	2
7	Методи одержання об'ємних наноструктурованих матеріалів	2

8	Загальна схема отримання виробів із порошків	2
9	Технології нанобробки поверхні	2
10	Технології одержання плівок	2
11	Багатокомпонентні наноструктурні плівки	2
12	Композитні матеріали	2
13	Металеві композитні матеріали	2
14	Вуглецево-вуглецеві композитні матеріали	2
15	Керамічні композитні матеріали	2
Разом		30

## 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація наноматеріалів	1
2	Властивості наноматеріалів	1
3	Хімічні технології одержання нанопорошків шляхом осаджування	1
4	Хімічні технології відновлення, розкладання та синтезу нанопорошків	1
5	Фізичні технології одержання нанопорошків із газової фази	1
6	Фізичні методи одержання нанопорошків шляхом розпорошення та подрібнення	1
7	Методи одержання об'ємних наноструктурованих матеріалів	1
8	Загальна схема отримання виробів із порошків	1
9	Технології нанобробки поверхні	1
10	Технології одержання плівок	1
11	Багатокомпонентні наноструктурні плівки	1
12	Композитні матеріали	1
13	Металеві композитні матеріали	1
14	Вуглецево-вуглецеві композитні матеріали	1
15	Керамічні композитні матеріали	1
Разом		15

## 7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Класифікація наноматеріалів	5
2	Властивості наноматеріалів	5
3	Хімічні технології одержання нанопорошків шляхом осаджування	5
4	Хімічні технології відновлення, розкладання та синтезу нанопорошків	5
5	Фізичні технології одержання нанопорошків із газової фази	5
6	Фізичні методи одержання нанопорошків шляхом розпорошення та подрібнення	5
7	Методи одержання об'ємних наноструктурованих матеріалів	5
8	Загальна схема отримання виробів із порошків	5
9	Технології нанобробки поверхні	5

10	Технології одержання плівок	5
11	Багатокомпонентні наноструктурні плівки	5
12	Композитні матеріали	5
13	Металеві композитні матеріали	5
14	Вуглецево-вуглецеві композитні матеріали	5
15	Керамічні композитні матеріали	5
Разом		75

### 8. Види контролю і система накопичення балів

	Вид контрольного заходу	Кількість контрольних заходів	Кількість балів за 1 захід	Усього балів	
1	Підготовка доповіді на практичному занятті (з її обговоренням та відповідями на запитання)	10	6	60	
2	Підсумковий контроль	Екзамен	1	40	40
<b>Усього</b>		<b>11</b>		<b>100</b>	

### Критерії оцінювання

1. Для підготовки доповіді на практичному занятті кожен студент отримує завдання, що включає підготовку доповіді на семінарі. Результати роботи доповідаються на семінарському занятті. При оцінюванні враховується: якість підбраного матеріалу та відповідність його заданій темі (2 бали), вільне володіння матеріалом під час доповіді (2 бали), вміння відповідати на поставлені запитання (2 бали).

2. Підсумковий контроль здійснюється за результатами екзамену (40 балів).

**Екзамен** проходить на завершальному етапі вивчення дисципліни. Екзамен включає в себе 2 питання: одне - з теоретичної частини курсу, а друге – з практичної. Максимальна кількість балів за екзамен – 40 балів. Рівень знань за кожним кожним із запитань оцінюється максимально у 20 балів, що відповідає повному розкриттю теми та вільному володінню теоретичного та практичного матеріалу. Відповідь, яка розкриває питання не повністю, але містить основні поняття, теоретичні та практичні знання, оцінюється від 10 до 15 балів. Якщо студент не в повністю розкриває питанням, робить помилки в основних поняттях, оцінюється від 0 до 10 балів.

Таким чином, сумарна кількість балів, яку отримує студент протягом семестру, складає 100.

У залежності від отриманої суми балів до залікової відомості та в залікову книжку виставляється оцінка за національною шкалою.

### Шкала оцінювання: національна та ECTS

За шкалою ECTS	За шкалою університету	За національною шкалою	
		Екзамен	Залік
A	90 – 100 (відмінно)	5 (відмінно)	Зараховано
B	85 – 89 (дуже добре)	4 (добре)	
C	75 – 84 (добре)		
D	70 – 74 (задовільно)	3 (задовільно)	
E	60 – 69 (достатньо)		
FX	35 – 59 (незадовільно – з можливістю повторного складання)	2 (незадовільно)	Не зараховано
F	1 – 34 (незадовільно – з обов'язковим повторним курсом)		

## 9. Рекомендована література

### Основна:

1. Новые материалы / [В.Н. Анциферов, Ф.Ф. Безлудный, Л.Н. Белянчиков и др.]; под ред. Ю.С. Карабасова. - М.: МИССИС, 2002. - 736 с.
2. Третьяков Ю.Д.. Твердофазные реакции /Ю.Д. Третьяков. - М.: 1978.-359 с.
3. Вест А. Химия твердого тела [в 2 т.] Т.1 / А. Вест. - М.: Мир, 1988. - 671 с.
4. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи / М. Ратнер, Д. Ратнер. - М.: Издательский дом Вильямс, 2004.-240 с.
5. Фистуль В.И. Физика и химия твердого тела, [в 2 т.] Т. 1/ В.И. Фристуль. - М.: Металлургия, 1995. - 752 с.
6. Фистуль В.И. Новые материалы. Состояние, проблемы, перспективы / В.И. Фристуль. - М.: МИСИС, 1995. - 233 с.
7. Шпак А.П. Кластерные и наноструктурные материалы [у 3 т.] Т. 1 / А.П. Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2001.- 588 с.
8. Шпак А.П. Кластерные и наноструктурные материалы [у 3 т.] Т. 2 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика. – Киев: Академперіодика, 2002. – 540 с.
9. Шпак А.П. Кластерные и наноструктурные материалы [у 3 т.] Т. 3 / А.П.Шпак, Ю.А. Куницкий, В.Л. Карбовский. – Киев: Академперіодика, 2003. – 542 с.

10. Суху Р. Магнитные тонкие плёнки. Пер. с англ. / Р. Суху. – М.: Мир, 1967. – 422 с.
11. Саланский Н.М., Ерухимов М.Ш.. Физические свойства и применение тонких плёнок / Н.М. Саланский, М.Ш. Ерухимов. - Новосибирск: Наука, 1975. - 222 с.
12. Химическая технология керамики и огнеупоров / [Будников П.П., Бережной А.С., Булавин И.А. и др.]; под ред. П.П. Будникова и Д.Н. Полубояринова.- М.: Стройиздат, 1972. - 551 с.
13. Гегузин Я.Е., Физика спекания / Я.Е.Гегузин. - М.: Наука, 1984. - 311 с.
14. Аморфные металлические сплавы / Немошкаленко В.В., Романова А.В., Ильинский А.Г. и др. – Киев: Наукова думка, 1987. – 248 с.
15. Технология производства материалов магнитоэлектроники: учебник для вузов / [Л.М. Летюк, А.М. Балбашов, Д.Г. Крутогин и др.]; под ред. Л.М. Летюка. – М.: Металлургия, 1994. – 415 с.
16. Кринчик Г.С. Физика магнитных явлений / Г.С. Кринчик. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1976.- 367 с.
17. Давыдов А.С. Высокотемпературная сверхпроводимость / А.С.Давыдов. – Киев: Наукова думка, 1990. - 176 с.
18. Физические свойства высокотемпературных сверхпроводников / [Д.М. Гинзберг, М.Б. Саламон, А.П. Малоземофф и др.]; под ред. Д.М. Гинзберга. - М.: Мир, 1990. - 543 с.

#### **Додаткова:**

1. Кингери У.Д. Введение в керамику / У.Д. Кингери. - М.: Из-во лит-ры по строительству. 1967. - 494 с.
2. Скороход В.В. Фізико-хімічна кінетика в наноструктурних системах / В.В. Скороход, І.В. Уварова, А.В.Рагуля. – Київ: Академперіодика, 2001. – 179 с.
3. Сухвало С.В. Структура и свойства магнитных плёнок железо-никель-кобальтовых сплавов / С.В. Сухвало. – Минск: Наука и техника, 1974. – 336 с.
4. Регистрация оптической информации на тонкие магнитные плёнки / [Б.М. Абакумов, И.А. Панышин, Е.А. Подпальный и др.]- М.: Атомиздат, 1976.-120 с.
5. Технология тонких плёнок: справочник [в 2 т.] Т. 1 / Под ред. Л. Майссела, Р.Глэнга. - М.: Советское радио, 1980.- 664 с.
6. Лодиз Р. Рост монокристаллов / Р. Лодиз, Р. Паркер.-М.: Мир, 1974. - 321 с.
7. Блэкмор Дж. Физики твердого тела / Дж. Блэкмор. – М.: Мир, 1988.– 325 с.
8. Высокотемпературные сверхпроводники / Под редакцией Д. Нелсона, М. Уиттингема, Т. Джорджа. - М.: Мир, 1988, 448 с.
9. Третьяков Ю.Д., Гудилин Е.А. Химические принципы получения металлоксидных сверхпроводников / Ю.Д. Третьяков, Е.А. Гудилин // Успехи химии, 2000. - т.69. - №1, С. 3 - 40.
10. Мняян М.Г. Сверхпроводники в современном мире / М.Г. Мняян. - М.: Просвещение, 1991, 69 с.
11. Игнатенко П.И. Физика материалов. Учебное пособие / П.И. Игнатенко, Н.П. Иваницын. – Донецк: ДГУ, 1999. - 235 с.

### Інформаційні ресурси

1. Остроушко А.А. Физико-химические основы получения твердофазных материалов электронной техники / А.А. Остроушко, Ю.В. Могильников. – Екатеринбург, 1999. Режим доступа: [www.eunnet/net/win/metod\\_materials/wm7/index/htm](http://www.eunnet/net/win/metod_materials/wm7/index/htm)
2. Бартон В., Кабрера Н., Франк Ф. Рост кристаллов и равновесная структура их поверхности. Режим доступа: <http://www.nsu.ru/psj/departments/semic/BCF/>
3. Рабкин Л.М. Исследование электропроводности сегнетоэлектрика при экзоэлектронной эмиссии с его поверхности [Электронный журнал] / [Л.М. Рабкин, Г.П. Петин, И.А. Зарубин, В.Н. Иванов] // Журнал Исследовано в России. С.1075-1084. Режим доступа: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/078.pdf>
4. Електронний ресурс з надпровідності. Режим доступу: <http://www.superconductors.org>
5. National Nanotechnology Initiative. 2006. What is Nanotechnology. Режим доступу: <http://www.nano.gov/html/facts/whatIsNano.html>

Погоджено \_\_\_\_\_

навчальний відділ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_

