

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Волинський національний університет імені Лесі Українки**

**Факультет хімії, екології та фармації**

**Кафедра хімії та технологій**

**СИЛАБУС**

**обов'язкової навчальної дисципліни**

**ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА**

**підготовки**

**доктора філософії (PhD)**

(назва освітнього рівня)

**спеціальності**

***102 – Хімія***

(шифр і назва спеціальності)

**освітньо-наукової програми**

***Синтез та дослідження***

***властивостей неорганічних***

***і органічних речовин***

Луцьк – 2020

**Силабус навчальної дисципліни «Хімія твердого тіла»** підготовки докторів філософії (PhD), галузі знань 10 «Природничі науки», спеціальності 102 «Хімія» за освітньо-науковою програмою «Синтез та дослідження властивостей неорганічних і органічних речовин»

**Розробник:** Олексеюк І. Д., доктор хімічних наук, професор кафедри хімії та технологій

**Силабус навчальної дисципліни затверджений на засіданні кафедри хімії та технологій**

Протокол № 2 від 29 вересня 2020 р.

Завідувач кафедри,  
доктор хімічних наук, професор



Олексеюк І.Д.

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Денна / заочна форма навчання	Галузь знань: <b>10 Природничі науки</b>  Спеціальність: <b>102 Хімія</b>  ОНП «Синтез та дослідження властивостей неорганічних і органічних речовин»  Доктор філософії (PhD)	<b>Нормативна</b>
Кількість годин / кредитів: 180/6		<b>Рік навчання:</b> 2-й
		<b>Семестр:</b> 3, 4
		<b>Лекції</b> 44/22 год.
ІНДЗ: немає		<b>Семінарські</b> 20/10 год <b>Лабораторні -</b> <b>Індивідуальні -</b>
		<b>Самостійна робота</b> 116/148 год.
		<b>Консультації -</b>
		<b>Форма контролю:</b> залік (3 сем) / іспит (4 семестр)
Мова навчання українська		

## II. Інформація про викладача

Прізвище, ім'я та по батькові      Олексеюк Іван Дмитрович  
Науковий ступінь                      д.х.н.  
Вчене звання                              професор  
Посада                                      професор кафедри хімії та технологій  
Контактна інформація (+38(068)5634321, [olekseyuk@vnu.edu.ua](mailto:olekseyuk@vnu.edu.ua))  
Дні занять <http://194.44.187.20/cgi-bin/timetable.cgi?n=700>

## III. Опис дисципліни

### 1. Анотація курсу.

Курс присвячений ознайомлення з твердими речовинами та їх властивостями. Вивчаються основні класи твердих речовин, способи їх отримання, теоретичні основи отримання нових матеріалів. Здобувачі наукового ступеня доктора філософії отримають фундаментальні уявлення про енергетику хімічного зв'язку в твердих тілах і особливості дефектної структури речовин в твердому стані; про вплив особливостей хімічного зв'язку і структури твердих тіл на їх властивості. Розглядаються питання дефектів в кристалах, напівпровідникові речовини, кристалічні та некристалічні напівпровідникові матеріали, їх основні електрофізичні властивості, отримання і легування напівпровідникових матеріалів. Під час засвоєння даної дисципліни у здобувачів наукового ступеня доктора філософії розвивається діалектичне мислення, здатність аналізувати явища та процеси, формується світогляд, розширюються й поглиблюються наукові уявлення про матерію, хімічний зв'язок. При викладанні дисципліни постійно підкреслюється конкретний зв'язок питань, що розглядаються за програмою курсу, з питаннями, які можуть виникнути у практичній діяльності хіміка.

**2. Пререквізити:** неорганічна та фізична хімія (властивості металів, напівпровідників, діелектриків), кристалохімія (елементи симетрії, будова кристалічних ґраток), фізика і хімія напівпровідників (властивості напівпровідникових матеріалів), рентгеноструктурний аналіз та фізико-хімічний аналіз (дослідження внутрішньої будови твердих речовин), фізика (електричні, оптичні та магнітні властивості твердих речовин), технологія і виробництво (отримання матеріалів для електротехніки).

**Уміння і навички,** що здобуваються в процесі вивчення цієї дисципліни: 1. Застосовувати сучасні методи аналізу для встановлення молекулярної і кристалічної структури та ідентифікації синтезованих сполук і речовин.

2. Застосовувати знання про закономірності взаємозв'язку структури сполук і речовин з

фізичними і хімічними властивостями під час розв'язання теоретичних та прикладних завдань.

**3. Мета навчальної дисципліни:** 1) загально-виховна і розвиваюча функції, що полягають у формуванні наукового світогляду і моральних якостей здобувачів наукового ступеня доктора філософії, у розвитку сучасних форм теоретичного мислення, у здатності аналізувати явища; 2) практична функція, що пов'язана із засвоєнням провідних ідей, понять і законів хімії, з формуванням умінь і навичок для застосування хімічних законів і процесів, використання хімічних речовин і матеріалів у сучасній техніці.

**Основними завданнями** вивчення дисципліни є: ознайомлення із закономірностями, що зв'язують будову сполуки з її властивостями та реакційною здатністю; ознайомлення із сучасними методами визначення складу та встановлення будови хімічних сполук, контролю проходження хімічних процесів; отримання розуміння філософської методології наукового пізнання, формування власного наукового світогляду та морально-культурних цінностей; вивчення зв'язку інновацій у хімічній галузі з практичними сферами діяльності (пошуком альтернативних джерел енергії, нових матеріалів та інш).

**4. Результати навчання (компетентності). ІНТ.** Здатність продукувати інноваційні наукові ідеї, оволодіти методологією наукової та педагогічної діяльності, вирішувати комплексні проблеми в процесі інноваційно-дослідницької та професійної діяльності, проводити оригінальні наукові дослідження на міжнародному та національному рівні **ЗК2.** Здатність до критичного аналізу, оцінки наявних знань, синтезу нових та складних ідей на основі логічних аргументів та перевірених фактів. **ЗК3.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Набуття гнучкості мислення, відкритого для застосування набутих хімічних знань для вирішення стратегічних та поточних завдань промислового розвитку, а також для застосування набутих знань у практичних ситуаціях. **ЗК4.** Здатність до проведення самостійних наукових досліджень. Набуття компетентностей ініціювання та виконання наукових досліджень, які дають можливість переосмислити наявні та отримати нові знання. **СК1.** Глибинні знання зі спеціальності. Знання і розуміння поглибленого рівня в галузі хімії і споріднених областях, включаючи методи проведення експериментів, рівень цих знань повинен бути достатнім для проведення наукових досліджень на рівні останніх світових досягнень і направленим на їх розширення і поглиблення. **СК2.** Дослідницькі здатності. Здатність формулювати на сучасному рівні наукову проблему, робочі гіпотези досліджуваної проблеми, виконувати оригінальні дослідження в галузі хімії, досягати наукових результатів, які створюють нові цілісні знання, розв'язувати проблеми та задачі шляхом розуміння їх фундаментальних основ та використання як теоретичних, так і експериментальних методів, засвоєних з освітньо-наукової програми. **СК3.** Технологічні здатності. Вміння вибирати та використовувати наукове обладнання, новітні інформаційні і комунікаційні технології та процедури, які відносяться до хімічних та фізико-хімічних методів досліджень. **СК4.** Здатність до критичного аналізу та оцінювання даних. Вміння аналізувати дані проведених експериментів, в тому числі із застосуванням обчислювальної техніки, інтерпретувати результати експериментів та брати участь у дискусіях стосовно наукового та практичного значення отриманих результатів. **СК7.** Здатність до саморозвитку та самовдосконалення. Здатність шляхом самостійного навчання освоїти нові галузі науки, використовуючи здобуті фахові знання, уміння та навички.

**Програмні результати навчання: ПРУН 1.** Критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові та комплексні ідеї. Застосовувати одержані знання з різних предметних сфер хімії для формулювання та обґрунтування нових теоретичних положень і практичних рекомендацій у конкретній області дослідження. **ПРУН 2.** Започатковувати, планувати, реалізовувати та коригувати послідовний процес ґрунтовного наукового дослідження з дотриманням належної академічної доброчесності. **ПРУН 3.** Застосовувати знання про закономірності взаємозв'язку структури сполук і речовин з фізичними і хімічними властивостями під час розв'язання теоретичних та прикладних завдань. **ПРУН 4.** Застосовувати знання хімічної термодинаміки до реальних

процесів, прогнозувати термодинамічні властивості та реакційну здатність речовин. **ПРУН 5.** Здатність до використання академічної української та іноземної мови у професійній діяльності та дослідженнях, презентувати результати наукових досліджень в усній та письмовій формі, організовувати та проводити навчальні заняття. **ПРЗН 1.** Глибинні знання термодинаміки хімічних процесів та фазових перетворень. **ПРЗН 2.** Глибинні знання закономірностей, що зв'язують будову сполуки з її властивостями та реакційною здатністю. **ПРЗН 3.** Отримати знання теоретичних та прикладних проблем прикладної хімії та методів неорганічного і органічного синтезу. **ПРЗН 4.** Отримати глибинні знання сучасних методів визначення складу та встановлення будови хімічних сполук, контролю проходження хімічних процесів. **ПРКОМ 1.** Уміння застосовувати сучасні інформаційно-комунікаційні інструменти і технології для забезпечення ефективних наукових та професійних комунікацій. **ПРАіВ 1.** Здатність самостійно проводити наукові дослідження та приймати рішення. **ПРАіВ 2.** Здатність формулювати власні авторські висновки, пропозиції та рекомендації.

## 5. Структура навчальної дисципліни.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Сем.	Сам. роб.	*Форма контролю/ Бали
<b>Змістовий модуль 1. Природа твердих речовин.</b>					
Тема 1. Природа твердих тіл.	16/17	4/2	2/1	10/14	<i>ДС*/РМГ*</i> /3
Тема 2. Механізм виникнення електропровідності в твердих тілах. Зонна структура.	13/15.5	2/1	1/0.5	10/14	<i>ДС*/РМГ*</i> /3
Тема 3. Природа напівпровідників.	13/11.5	2/1	1/0.5	10/10	<i>Р/1</i>
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>42/44</b>	<b>8/4</b>	<b>4/2</b>	<b>30/38</b>	<b>7</b>
<b>Змістовий модуль 2. Будова реальних кристалів, реакції між твердими тілами.</b>					
Тема 4. Будова реальних кристалів, типи дефектів	11/12	4/2	2/1	5/9	<i>ДС*/РМГ*</i> /4
Тема 5. Реакції між твердими тілами	11/12	4/2	2/1	5/9	<i>Р/3</i>
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>22/24</b>	<b>8/4</b>	<b>4/2</b>	<b>10/18</b>	<b>7</b>
<b>Змістовий модуль 3. Аморфні напівпровідники.</b>					
Тема 6. Склоподібні напівпровідники	16/22	4/2	2/1	10/19	<i>ДС*/РМГ*</i> /4
Тема 7. Органічні напівпровідники	16/12	4/2	2/1	10/9	<i>ДБ*/РМГ*/</i> 3
<b>Разом за змістовим модулем 3</b>	<b>32/34</b>	<b>8/4</b>	<b>4/2</b>	<b>20/28</b>	<b>7</b>
<b>Змістовий модуль 4. Напівпровідникові матеріали.</b>					
Тема 8. Елементарні та бінарні напівпровідникові речовини.	15/16.5	4/2	1/0.5	10/14	<i>ДС*/РМГ*</i> /3
Тема 9. Тернарні та тетрарні напівпровідники.	14/16	2/1	2/1	10/14	<i>ДС*/РМГ*</i> /3
Тема 10. Утворення твердих розчинів між напівпровідниками	13/11.5	2/1	1/0.5	10/10	<i>ДС*/РМГ*</i> /2
<b>Разом за змістовим модулем 4</b>	<b>42/44</b>	<b>8/4</b>	<b>4/2</b>	<b>30/38</b>	<b>8</b>
<b>Змістовий модуль 5. Квазіпотрійні халькогенідні системи.</b>					
Тема 11. Квазіпотрійні халькогенідні системи типу $A_2^I X_3 - B^{II} X - C^{III} X$ , X – S, Se, Te.	9/7.5	2/1	1/0.5	6/6	<i>Р/1</i>
Тема 12. Квазіпотрійні халькогенідні системи $A_2^I X - B^{II} X - D^{IV} X_2$ , X – S, Se, Te.	11/8.5	4/2	1/0.5	6/6	<i>РМГ*/3</i>
Тема 13. Методи вирощування монокристалів тернарних та тетрарних фаз.	11/8.5	4/2	1/0.5	6/6	<i>Р/1</i>
Тема 14. Фізичні властивості та їх зв'язок з кристалічною структурою складних	11/9.5	2/1	1/0.5	8/8	<i>Р/6</i>

напівпровідникових фаз					
<b>Разом за змістовим модулем 5</b>	<b>42/34</b>	<b>12/6</b>	<b>4/2</b>	<b>26/26</b>	<b>11</b>
<b>Разом за семестр</b>	<b>180/180</b>	<b>44/22</b>	<b>20/10</b>	<b>116/148</b>	<b>40</b>
<b>Модульна контрольна робота 1</b>					<b>12</b>
<b>Модульна контрольна робота 2</b>					<b>12</b>
<b>Модульна контрольна робота 3</b>					<b>12</b>
<b>Модульна контрольна робота 4</b>					<b>12</b>
<b>Модульна контрольна робота 5</b>					<b>12</b>

Форма контролю\*: ДС – дискусія, ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач/кейсів, ІНДЗ/ІРС – індивідуальне завдання/індивідуальна робота студента, РМГ – робота в малих групах, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

#### Теми для самостійної роботи

№ з/п	Тема	Кількість годин
1	Природа твердих тіл	1/5
2	Механізм виникнення електропровідності в твердих тілах. Зонна структура	1/5
3	Будова реальних кристалів, типи дефектів	1/5
4	Реакції між твердими тілами	9/13
5	Елементарні напівпровідникові речовини	9/13
6	Бінарні та тернарні напівпровідники	9/13
7	Склоподібні напівпровідники	9/13
8	Органічні напівпровідники	9/13
9	Оптичні, магнітні властивості твердих тіл	9/9
10	Фізичні методи дослідження будови твердих речовин	36/36
11	Поверхневі властивості напівпровідників.	7/7
12	Обробка поверхні напівпровідників.	8/8
13	Електрохімія напівпровідників.	8/8
	<b>Разом</b>	<b>116/148</b>

#### IV. Політика оцінювання

Пропущені семінарські заняття (з будь яких причин) відпрацьовуються у позаурочний час.

У разі поганого написання модульної контрольної роботи здобувач може перездати її в усній формі викладачу.

Кінцевим терміном здачі усіх видів робіт, так званим deadline, є тиждень, на якому відбувається останнє заняття з дисципліни.

Дотримання академічної доброчесності здобувачами освіти передбачає: самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей); посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей; надання достовірної інформації про результати власної навчальної діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

#### V. Підсумковий контроль

На іспит виносяться основні питання, що розглядалися під час вивчення курсу. Форма проведення іспиту – усна. При одержанні 75 і вище рейтингових балів пошукувач може претендувати на автоматичне зарахування оцінки, як підсумкової.

Якщо формою підсумкового семестрового контролю є залік, і у випадку незадовільної підсумкової оцінки або за бажанням підвищити рейтинг студент може добрати бали, виконавши певний вид робіт.

### **Перелік питань, що виносяться на іспит:**

Кристалічний стан речовини. Основні характеристики. Поняття кристалічної структури. Типи хімічного зв'язку в кристалах, його зв'язок з кристалічною структурою. Тверді розчини, типи твердих розчинів. Прості речовини елементів 4а підгрупи: кристалохімічні особливості, зонна будова, фізичні властивості. Домішкова провідність. Бінарні аналоги елементів 4а підгрупи. Тернарні та більш складні алмазоподібні чотириелектронні напівпровідники. Фізичні властивості та їх зв'язок з кристалічною структурою. Класифікація чистих речовин. Характеристика методів очистки. Реальна будова кристалів (матриця, дефекти). Класифікація дефектів і їх характеристика. Теорії росту кристалів. Діаграма стану – основа вибору методу і хіміко-технологічних умов вирощування. Характеристика методів вирощування монокристалів з розчину. Характеристика методів вирощування монокристалів з парогазової фази. Отримання монокристалів із заданими властивостями (p-n-переходи). Характеристика методів отримання епітаксіальних плівок. Допоміжні матеріали для росту кристалів і вимоги до них. Вакуумна техніка, нагрівні прилади та регулятори температури, термопари. Дальтоніди і бертоліди. Термодинамічне виведення діаграм стану подвійних систем з необмеженою розчинністю в рідкому і твердому стані. Трикомпонентні системи. Потрійні взаємні системи. Природа напівпровідників; елементарні напівпровідники; аморфні напівпровідники; природа напівпровідників, основні фізичні властивості; природа, характер утворення, властивості елементарних, бінарних напівпровідників типу  $A^{II}B^{VI}$ ,  $A^{III}B^V$ ,  $A^{III}_2B^{VI}_3$ ; складні халькогенідні напівпровідники (тернарні, тетрарні); органічні напівпровідники; халькогенідне скло, проблеми його отримання; поверхневі та об'ємні властивості напівпровідників; Теоретичні передумови для наукового пошуку нових складних напівпровідникових фаз; складні алмазоподібні напівпровідники типу  $A^IB^{III}C_2^{VI}$ . Їх отримання та властивості. Області застосування. Складні алмазоподібні напівпровідники типу  $A_2^IB^{IV}C_3^{VI}$ . Їх отримання та властивості. Області застосування. Квазіпотрійні халькогенідні системи типу  $A^IX_3-B^{II}X-C^{III}_2X$ , X – S, Se, Te. Квазіпотрійні халькогенідні системи  $A^IX_2-B^{II}X-D^{IV}X_2$ , X – S, Se, Te. Методи вирощування монокристалів сполук типу  $A^IB^{II}C^{IV}X_4$ . Ферити, сегнетоелектрики, люмінофори. Методи їх отримання та властивості. Області застосування. Органічні напівпровідники. Класи органічних речовин з



напівпровідниковими властивостями. Їх будова. Іонні кристали. Механізм електропровідності в іонних кристалах. Загальні уявлення про поверхню твердого тіла. Вплив адсорбованих атомів та молекул на поверхневі властивості напівпровідників. Електричні властивості поверхні напівпровідників та їх дослідження. Зв'язок між поверхневими та об'ємними властивостями напівпровідників. Утворення твердих розчинів між елементарними та складними напівпровідниками. Зміна фізичних характеристик в межах твердих розчинів. Гомовалентне та гетеровалентне заміщення. Матеріали для сонячної енергетики. Перспективи пошуку. Поняття про тонкі плівки. Епітаксія, методи отримання плівок. Області застосування.

## VI. Шкала оцінювання

Оцінка в балах за всі види навчальної діяльності	Оцінка
90 – 100	Відмінно
82 – 89	Дуже добре
75 - 81	Добре
67 - 74	Задовільно
60 - 66	Достатньо
1 – 59	Незадовільно

## VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси

1. Олексеюк І.Д. Хімія твердого тіла / Парасюк О.В., Іващенко І.А., Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – 316 с. <http://esnuir.eenu.edu.ua/handle/123456789/8767>
2. Олексеюк І. Одержання і дослідження неорганічних напівпровідників: лабораторний практикум / Олексеюк І., Парасюк О. – Луцьк: Вежа, 2002.– 278 с.
3. Бергер Л.И. Тройные алмазоподобные полупроводники/ Бергер Л.И., Прочухан В.Д. - М.: Металлургия, 1968. – 210 с.
4. Бушманов Б.Н. Физика твердого тела: підруч. [для студ. вищ. навч. зал.]/ Бушманов Б.Н., Хромов Ю.А. - М.: ВШ, 1971. – 250 с.
5. Горюнова Н.А. Химия алмазоподобных полупроводников/ Горюнова Н. А. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1963. – 180 с.
6. Дерид Ю. О. Многокомпонентные халькогениды  $A^{II}B^{III}_2C^{VI}_4$ / Дерид Ю. О., Радауцан С. И., Тигиняну И. М. – Кишинёв: Штиинца, 1990. – 270 с.
7. Дубок В.А. Хімія і фізика напівпровідників: підруч. [для студ. вищ. навч. зал.]/ Дубок В.А., Котенко О.С. - К.: ВШ, 1973. – 250 с.
8. Квазіпотрійні халькогенідні системи / [Олексеюк І., Парасюк О., Піскач Л. та інш.]; за ред. Олексеюка І. – Луцьк: Вежа, 1999. – 168, [1] с. – (Т. 1)

9. Лазарев В. Б. Сложные халькогениды в системах  $A^I - B^{III} - C^{VI}$ / Лазарев В. Б., Киш З. З., Переш Е. Ю., Семрад Е. Е. – М.: Металлургия, 1993. – 240 с.
10. Олексеюк І. Д. Бінарні і тернарні напівпровідникові фази в системах  $Me - B^V - C^{VI}(D^{VII})$ / Іван Дмитрович Олексеюк – Луцьк: Вежа, 1995.– 348 с.
11. Олексеюк І.Д. Халькогенідні системи / [Олексеюк І.Д., Парасюк О.В., Піскач Л.В. та ін.]. – Луцьк: Волинський національний університет ім. Л.Українки, 2011. – 217 с.
12. Ормонт Б.Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников / Ормонт Б.Ф. – М.: Высшая школа, 1982. – 531 с.
13. Олексеюк І. Одержання і дослідження неорганічних напівпровідників: лабораторний практикум/ Олексеюк І., Парасюк О. – Луцьк: Вежа, 2002.– 278 с.
14. Переш Є. Ю. Хімія твердого тіла [навч. посіб. для студ. хім. та фіз. спец. вузів: у 2 ч.] / Є. Ю. Переш, В. М. Різак, О. О. Семрад. – Ужгород: Закарпаття, 2000. Ч. 1 – 210 с.
15. Переш Є. Ю. Хімія твердого тіла [навч. посіб. для студ. вузів: у 2 ч.] / Є. Ю. Переш, В. М. Різак, О. О. Семрад. – Ужгород: Закарпаття, 2002. Ч. 2 – 243 с.
16. Переш Є. Ю. Хімія твердого тіла [навч. посіб. для студ. хім. та фіз. спец. вищ. навч. закл.] / Є. Ю. Переш, В. М. Різак, О. О. Семрад. – [2-ге вид.]. – Ужгород: Патент, 2011. – 447 с.
17. Угай Я.А. Введение в химию полупроводников/ Угай Я.А. - М.: ВШ, 1975. – 300 с.
18. <https://www.coursera.org/>
19. 9. <https://www.edx.org/learn/chemistry>
20. 10. <https://www.futurelearn.com/>
21. 11. <https://www.open.edu/>
22. 12. <https://online.stanford.edu/>