

## СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА І ТЕХНОЛОГІЯ ЙОГО ФОРМУВАННЯ»



|                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| <b>Ступінь освіти</b>        | бакалавр                        |
| <b>Освітня програма</b>      | Хімічні технології та інженерія |
| <b>Тривалість викладання</b> | 4 семестр (8 чверть)            |
| <b>Заняття:</b>              | Весняний семестр                |
| лекції:                      | 3 години                        |
| лабораторні:                 | 1 година                        |
| практичні:                   | 1 години                        |
| <b>Мова викладання</b>       | українська                      |

Кафедра, що викладає Хімії



**Викладач:**

**Пантелева Ольга Сергіївна**

канд. хімічних наук

**Персональна сторінка**

[https://himik.nmu.org.ua/ua/about\\_dep/NetyahaOB.php](https://himik.nmu.org.ua/ua/about_dep/NetyahaOB.php)

**E-mail:** Panteleieva.O.S@nmu.one

### 1. Анотація до курсу

*Хімія твердого тіла* - галузь науки, яка вивчає твердофазний стан речовини, електронну, кристалічну структури та їх вплив на хімічні властивості твердих тіл і матеріалів, кінетику й закономірності хімічних реакцій у твердих тілах, методи синтезу твердих речовин. Об'єктами дослідження є кристалічні й аморфні, неорганічні та органічні речовини. Досягнення цієї науки застосовують у процесах синтезу нових матеріалів (напівпровідників, інтерметалевих сполук, композитів, тугоплавких хімічних речовин та ін.), у мікроелектроніці, у створенні матеріалів для розробки нових джерел енергії, для формування новітніх технологій. Сучасна наука і практика має відомості про тисячі видів твердих речовин і матеріалів з різними, в тому числі складними хімічними структурами, що мають різні властивості, технологію формування і практичне застосування.

У рамках курсу викладено матеріал щодо природи, класифікації та характеристики твердих тіл, хімічних та фізичних основ їх перетворення і різних напрямків практичного використання. Розглянуто кристалохімічні параметри твердих тіл, види математичних моделей для різних категорій кристалів, основні чинники впливу на реакційну активність твердих речовин.

Опанування теоретичних і практичних основ будови та властивостей речовин у твердому стані дозволить встановлювати взаємозв'язок між особливостями структур твердих тіл та їх властивостями, характером перебігу хімічних реакцій за їх участю. Така компетентність сприяє формуванню і розвитку в здобувачів освіти здатності успішно здійснювати хімічний синтез матеріалів, необхідних для вдосконалення сучасних і створення новітніх технологій як в Україні, так на світового ринку.

### **1. Мета та завдання курсу**

**Мета дисципліни** - формування компетентностей щодо уявлень про специфіку хімічних технологій твердих тіл, про основні вимоги до професійних досягнень хіміка-технолога, про історію розвитку хімічної промисловості та особливості хімічної галузі для розвитку української держави та загальносвітової культури.

#### **Завдання курсу:**

- ознайомити здобувачів вищої освіти з розвитком науки про хімію твердого тіла як самостійну фундаментальну галузь знань у світі та в Україні; з природою і характеристиками, фізичними та хімічними основами перетворення й промислового використання;
- розглянути різні класи твердих тіл за різними критеріями, їх походження, хімічний склад, структурні параметри, а також особливості будови;
- вивчити методи формування твердих тіл, умови перебігу топохімічних реакцій, термодинамічні особливості та фактори впливу на хімічні процеси;
- навчити здобувачів вищої освіти проводити вибір раціональної технології формування твердих тіл з позицій екології та економіки.

### **2. Результати навчання**

Оцінювати ступень ефективності застосування хімічних технологій твердих тіл на підставі професійно-орієнтованих знань та, маючи уявлення про їх структурні особливості, фізико-хімічні властивості, моделювати прийняття рішень в умовах хімічних технологій; визначати раціональні шляхи підбору сировини в хімічних технологіях для отримання показників якості та безпечності хімічної продукції.

### **3. Структура курсу**

#### **ЛЕКЦІЇ**

#### **1 Теоретичні основи хімії твердого тіла.**

1.1. Загальні поняття про тверде тіло та його хімічну природу. Принципи класифікації твердих тіл. Види твердих тіл та особливості їх структури (аморфні і кристалічні тіла).

1.2. Поняття структури твердих тіл. Модельні ідеальні та реальні кристали. Рідкі кристали. Полікристали - наноструктурні матеріали.

1.3. Хімічні зв'язки в твердих тілах.

#### **2 Загальна характеристика кристалічних систем.**

2.1. Типи кристалічних ґраток Браве. Види математичних моделей для різних категорій кристалів. Структурні параметри кристалічних систем.

2.2. Симетрія в кристалах твердих тіл та її елементи. Класифікація кристалів за симетрією. Структурні чинники впливу на фізико-хімічні властивості твердих тіл.

#### **3. Характеристика кристалічних систем за хімічним зв'язком.**

3.1. Класифікація твердих тіл за хімічною природою та хімічним зв'язком.

3.2. Молекулярні кристали. Металеві кристали. Ковалентні й іонні кристали.

#### **4. Кристалохімічні параметри просторової структури твердого тіла.**

4.1. Кристалохімія про будову твердого тіла. Кристалохімічні параметри твердого тіла (координаційне число та координаційний багатогранник).

4.2. Особливості структурної упаковки частинок в кристалах твердих речовин. Явища структурного ізо- та поліморфізму у твердих тілах. Вуглецеві нанотрубки.

#### **5. Дефекти в кристалах твердих тіл**

5.1. Класифікація дефектів в кристалах. Точкові дефекти та їх чинники (дефекти Шоттки і Френкеля).

5.2. Поняття «вакансія» кристалічної ґратки. Стехіометричні і нестехіометричні дефекти; їх вплив на властивості кристалічних твердих тіл. Методи хімічної термодинаміки в оцінюванні дефектів в кристалічних системах.

#### **6. Дифузія в кристалах твердих тіл.**

6.1. Поняття дифузії в кристалі. Види та чинники дифузійного руху частинок кристалів (спрямований і тепловий). Тепловий рух атомів (іонів) за теорією Френкеля.

6.2. Різновиди механізмів дифузії в кристалі та їх чинники (вакансійний і міжвузловий). Дифузія домішок в кристалічній ґратці.

#### **7. Теорія та механізм твердофазних хімічних реакцій**

7.1. Поняття «топохімічні реакції». Кінетичні закономірності топохімічних реакцій; їх стадії. Типи твердофазних хімічних реакцій.

7.2. Стадії топохімічних реакцій. Зміни енергії в гетерогенній системі топохімічної реакції. Чинники впливу на швидкість твердофазних реакцій.

#### **8. Адсорбційні явища на поверхні твердих тіл.**

8.1. Теорія адсорбції для гетерогенних систем. Вплив адсорбції в системі твердого тіла на його фізико-хімічні властивості.

8.2. Теоретичні основи хемосорбції. Ізотерма Ленгмюра. Поверхнева енергія і поверхневий натяг твердих тіл.

#### **9. Фізико-хімічна основа розчинення твердофазних солей.**

9.1. Фізико-хімічна основа явища сольватації. Хімічні концепції сольватації.

9.2. Особливості структури сольватного комплексу.

#### **10. Методи хімічної активації твердих тіл**

10.1. Зв'язок реакційної здатності твердих тіл з їх структурними дефектами (рівноважні і нерівноважні дефекти). Типи нерівноважних дефектів твердих тіл та їх вплив на хімічну активність. Різновиди методів керування хімічною активністю твердофазних матеріалів.

10.2. Активация твердих тіл шляхом механічної дії. Використання ПАР для підвищення хімічної активності твердих тіл. Практичне значення хімічної активації твердих тіл.

#### **11. Реакції утворення кристалічних потрійних сполук**

11.1. Групи кристалохімічних мінералів - потрійних сполук. Принцип будови кристалів типу шпінелідів.

11.2. Механізм та умови утворення потрійних сполук. Стадії реакцій шпінелеутворення. Практичне значення вивчення процесу шпінелеутворення.

#### **ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ ПР-1 - Інструктаж з правил**

техніки безпеки в хімічній лабораторії. Вид лабораторного обладнання для проведення досліджень з хімії твердого тіла.

**ПР-2** - Дослідження форми твердофазних кристалів на основі мікроскопічного аналізу;

**ПР 3** - Вивчення різних видів кристалохімічної структури твердих речовин;

**ПР-3** - Вивчення методів підвищення хімічної активності твердофазних матеріалів;

**ПР-4** - Вивчення особливостей адсорбції на поверхні твердих тіл.

## ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

**ЛР-1** - Дослідження особливостей твердофазних хімічних реакцій;

**ЛР-2** - Вивчення фізико-хімічної основи розчинення твердофазних солей;

**ЛР-3** - Дослідження реакцій утворення кристалічних потрійних сполук типу шпіленідів.

### 4. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

| № роботи (шифр)                                 | Назва роботи   | Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи  |
|---|--|---|
| <b>Практичні заняття</b>                        |  |   |
| Т<br>><br>P <sub>4</sub><br>P <sub>4</sub><br>Ш | ПР-1. Інструктаж з правил техніки безпеки в хімічній лабораторії. Види лабораторного обладнання для проведення досліджень з хімії твердого тіла. | Інструктаж з техніки безпеки<br>Зразки твердофазних матеріалів.<br>Презентаційні слайди   |
|   | ПР-2. Дослідження форми твердофазних кристалів на основі мікроскопічного аналізу.  | Зразки твердофазних матеріалів<br>Мікроскоп МБС-10<br>Лабораторний посуд<br>Предметні й покривні стекла, пінцет, піпетка                |
|   | ПР-3. Вивчення різних видів кристалохімічної структури твердих речовин.  | Мікроскоп МІКМЕД-1<br>Пробірки, пінцет, предметні й покривні стекла, пінцет, піпетки<br>Дистильована вода<br>Набір реактивів (розчинів) |
|   | ПР-4. Вивчення особливостей методу механічної активації твердих тіл.   | Пробірки, шпатель, предметні й покривні стекла, скляні палички, піпетки<br>Дистильована вода<br>Набір реактивів (розчинів)              |

| № роботи (шифр)                                 | Назва роботи   | Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи                  |
|---|--|---|
| <b>Лабораторні заняття</b>                      |  |   |
| С<br>С<br>Т<br>P <sub>4</sub><br>P <sub>1</sub> | ЛР-1. Дослідження особливостей твердофазних хімічних реакцій                       | Набір твердофазних реагентів<br>Лабораторний посуд Пробірки, шпатель  |
|   | ЛР-2. Визначення фізико-хімічної основи розчинення твердофазних солей              | Пробірки, шпатель, скляні палички, піпетки Дистильована вода<br>Набір сухих солей<br>Органічні розчинники   |
|   | ЛР-3. Дослідження реакцій утворення кристалічних потрійних сполук типу шпіленідів. | Кристалічні реактиви (M <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )<br>Лабораторний посуд Муфельна піч |

#### Теми для самостійної роботи і виконання індивідуальних завдань:

1. Вакансії в металах і металевих сплавах.
2. Лінійні, планарні, об'ємні дефекти кристалів.
3. Природа поверхневих центрів твердих тіл.
4. Оцінка впливу параметрів поверхневої активності твердих речовин на їх властивості.
5. Практичне використання явища адсорбції в хімічних технологіях.
6. Чинники, що обумовлюють швидкість твердофазних хімічних реакцій.
7. Аморфні (склоподібні) тверді тіла, їх промислове застосування.
8. Новітні сировинні матеріали на основі аморфних твердих тіл.
9. Аморфні напівпровідники, їх властивості.
10. Галузі застосування аморфних напівпровідників.

**6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:**

| Рейтингова шкала | Інституційна шкала |
|------------------|--------------------|
| 90 - 100         | відмінно           |
| 74-89            | добре              |
| 60-73            | задовільно         |
| 0-59             | незадовільно       |

Загальні критерії досягнення результатів навчання відповідають описам 6-го кваліфікаційного рівня НРК.

**6.2.** Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни на підставі **поточного оцінювання знань** за умови, якщо набрана кількість балів

### 6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи

з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів.

Теоретична частина оцінюється у другому семестрі за результатами здачі чотирьох контрольних тестових робіт, кожна з яких містить тестові закриті запитання: вірна відповідь кожного оцінюється в 10 балів, максимальна кількість 100 балів; загалом за чотири контрольних тестових завдань - 40 % (максимум 40 балів) від оцінки за дисципліну.

Практичні та лабораторні заняття оцінюються шляхом перевірки виконання практичної та лабораторної роботи, їхнього захисту і відповідей на контрольні питання. Кількість практичних робіт у 4-му семестрі 8-ї чверті складає 4, а кількість лабораторних - три.

За виконання усіх лабораторних робіт здобувач отримує максимум 21 бал: для кожної лабораторної роботи за виконання, оформлення звіту, вірні відповіді на контрольні питання наприкінці кожної лабораторної роботи, і захист роботи - максимум 7 балів. При несвоєчасному здаванні лабораторної роботи оцінка знижується вдвічі.

За виконання усіх практичних робіт здобувач отримує максимум 24 бали: для кожної практичної роботи за виконання, оформлення звіту і захист роботи - максимум 6 балів. При несвоєчасному здаванні лабораторної роботи оцінка знижується вдвічі.

Практичні та лабораторні роботи оцінюються виконанням однієї контрольної роботи, яка містить чотири тестових завдання, кожне з яких оцінюється в один бал.

Виконання індивідуального завдання у вигляді написання й захисту реферату (самостійна робота за означеною темою, див. розділ 5) оцінюються у 8 балів.

Отримані бали за теоретичну та практичну частини додаються і вони є підсумковими оцінками за вивчення навчальної дисципліни у кожному семестрі і складатиме максимально 100 балів.

#### Максимальне оцінювання:

| Теоретична частина | Практична частина | Лабораторна частина | Бонус | Разом      |
|--------------------|-------------------|---------------------|-------|------------|
| 40                 | 37                | 21                  | 2     | <b>100</b> |

У випадку якщо здобувач вищої освіти за поточною успішністю отримав менше 60 балів та/або прагне поліпшити оцінку проводиться **підсумкове оцінювання (екзамен)** під час сесії. Екзамен проводиться у вигляді комплексної контрольної роботи (ККР). У білеті до екзамену включені 3 відкриті питання та 2 задачі.

Кожне з **відкритих питань** оцінюється максимум у 8 балів, причому:

- **8 балів** - відповідність еталону;
- **6 балів** - відповідність еталону, з незначними помилками;
- **4 бали** - часткова відповідність еталону, питання повністю не розкрито;
- **2 бали** - невідповідність еталону, але є відповідність темі запитання;
- **0 балів** - відповідь не наведена.

Правильно виконане **завдання** (схема хімічного перебігу) оцінюється в 8 балів, причому:

- **8 балів** - відповідність еталону;
- **6 балів** - відповідність еталону, незначні помилки в схемах хімічних реакцій;
- **4 бали** - незначні помилки у формулах та схемах хімічних реакцій;
- **2 бали** - присутні принципові помилки у поданих відповідях, але є відповідність темі запитання;

### **6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи**

- **1 бал** - наведені формули повністю не відповідають еталону;
- **0 балів** - рішення не наведене.

Отримані бали за відкриті питання й завдання додаються і є підсумковою оцінкою ККР, за яку здобувач вищої освіти може набрати максимально 40 балів, Ці бали складаються з балами практичного курсу і максимально здобувач вищої освіти може отримати 100 балів за вивчення навчальної дисципліни. У кожному семестрі.

## **7. Політика курсу**

### **7.1. Політика щодо академічної доброчесності**

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". [http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/usdocuments/System of prevention and detection of plagiarism.pdf](http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/usdocuments/System%20of%20prevention%20and%20detection%20of%20plagiarism.pdf).

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

### **7.2. Комунікаційна політика**

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

### **7.3. Політика щодо перескладання**

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

### **7.4 Політика щодо оскарження оцінювання**

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

### 7.5. Відвідування занять

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

### 7.6. Бонуси

Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії здобувача вищої освіти буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365), які буде розіслано на ваші університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою вашої навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати ваші пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни «Хімія твердого тіла і технологія його формування». За участь у анкетуванні здобувач вищої освіти отримує **2 бали**.

## 8 Рекомендовані джерела інформації

### Базові

1. Пінчук С.І. Хімія твердого тіла (короткий курс) : підручник / С.І. Пінчук, О.Е. Чигиринець. - Київ : Видавничий дім АртЕк, 2018. - 124 с.
2. Пахолюк А.П. Основи матеріалознавства і конструкційні матеріали : посібник / А.П. Пахолюк, О.А. Пахолюк. - Львів : Світ, 2005. - 172 с.
3. Хімія: навч. посібник / П.О. Єгоров, В.Д. Мешко, О.Б. Нетяга та ін. - Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2013. - 262 с.

### Додаткові

1. Теоретичні основи хімії та технології полімерів : навч. посіб. / О.В. Суберляк, В.Й. Скорохода, Н.Б. Семенюк; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львівська політехніка». - Львів : Львівська політехніка, 2014. - 336 с.
2. [Ластухін Ю.О., Органічна хімія](#) : підруч. для вищ. навч. закладів. - 3-є вид. / Ю.О. Ластухін, С.А. Воронов; М-во освіти і науки України, - Львів : Центр Європи, 2009. - 868 с.
3. Електронні інформаційні ресурси - сайти: кафедри хімії НТУ «Дніпровська політехніка»: <http://chemistry-chemists.com>  
<http://himik.nmu.org.ua/ua/>  
<http://fit.nmu.org.ua/ua/>.