



Національна академія наук України  
Інститут проблем матеріалознавства  
ім. І.М. Францевича



## Силабус (робоча програма) навчальної дисципліни

### ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА SURFACE PHENOMENA

#### Реквізити навчальної дисципліни

|   |   |
|---|---|
| Рівень вищої освіти                     | <i>третій (освітньо-науковий)</i>   |
| Галузь знань                            | <i>10 Природничі науки</i>  |
| Спеціальність                           | <i>102 Хімія</i>  |
| Освітня програма                        | <i>Фізична хімія неорганічних матеріалів</i>  |
| Статус дисципліни                       | <i>дисципліна вільного вибору</i>   |
| Форма навчання                          | <i>денна (очна), он-лайн/офф-лайн</i>   |
| Рік підготовки, семестр                 | <i>2 курс навчання, весняний семестр</i>  |
| Обсяг дисципліни                        | <i>3 кредити ECTS, 90 годин</i>   |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи | <i>залік</i>  |
| Розклад занять                          | <i>лекція – раз на тиждень (16 години);<br/>практика/семінар/консультації –<br/>1 раз на два тижні (16 годин);<br/>самостійна робота 58 год.,<br/>у тому числі на виконання<br/>індивідуальних/домашніх завдань 20 год,<br/>залік – 1 год</i>   |
| Мова викладання                         | <i>українська</i>   |
| Інформація про викладачів               | <i>докт.хім.наук., старш.наук.співр.<br/>зав.від. Красовський Віталій Петрович,<br/><a href="mailto:vitalkras@gmail.com">vitalkras@gmail.com</a>,<br/><a href="mailto:v.krasovskyi@ipms.kyiv.ua">v.krasovskyi@ipms.kyiv.ua</a><br/>канд.хім.наук., пров.наук.співр.<br/>Дуров Олексій Вікторович<br/><a href="mailto:avdu@ukr.net">avdu@ukr.net</a></i> |
| Розміщення курсу                        | <i>Google Classroom; доступ за запрошенням викладача</i>  |

#### Програма навчальної дисципліни

##### 1. Опис освітньої компоненти, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліни присвячена теоретичним основами поверхневих та капілярних явищ, особливостям контактної взаємодії сполук з різним типом хімічного зв'язку з металевими розплавами, методам паяння керамічних матеріалів з металами.

**Предмет освітньої компоненти** – поверхневі та капілярні явища на межі розділу фаз, вплив контактної взаємодії в системах рідкий метал/тверда неметалева речовина та практичні методи створення паяних з'єднань неметалевих матеріалів, їх атестація та використання.

**Метою освітньої компоненти** є формування у здобувачів вищої освіти (з.в.о.) рівня PhD компетентностей:

**Інтегральна компетентність:**

Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі хімії та хімічного матеріалознавства, що передбачає глибоке переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

**Загальні компетентності:**

ЗК01. Здатність до освоєння і системного аналізу через наукове сприйняття і критичне осмислення нових знань в предметній та міжпредметних галузях.

ЗК02. Здатність до критичного аналізу і креативного синтезу нових ідей, які можуть сприяти в академічному і професійному контекстах технологічному, соціальному та культурному прогресу суспільства, базованому на знаннях.

ЗК05. Здатність до самовдосконалення, адаптації та дії в нових ситуаціях, креативність, прагнення працювати самостійно.

ЗК06. Здатність оцінювати соціальну значимість результатів своєї діяльності, бути відповідальним громадянином, усвідомлювати рівні можливостей та гендерні проблеми.

ЗК07. Розуміння значення дотримання етичних норм та авторського права при проведенні наукових досліджень, презентації їх результатів та у науково-педагогічній діяльності.

ЗК09. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

**Фахові компетентності:**

ФК01. Наявність глибоких обґрунтованих знань в галузі фізичної хімії, детальне розуміння підходів до аналізу інформації і застосування її до створення новітніх матеріалів, вміння проводити експериментальні і теоретичні дослідження у галузі хімії та хімічного матеріалознавства.

ФК03. Здатність розв'язувати комплексні проблеми в галузі хімії з урахуванням міжгалузевих зв'язків для забезпечення потреб у високоефективних матеріалах, енерго- та ресурсозберігаючих технологіях.

ФК04. Здатність реалізувати проекти, включаючи власні дослідження, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язання значущих соціальних, наукових, культурних, етичних та інших проблем хімії, зокрема, фізичної хімії неорганічних матеріалів.

**Програмні результати навчання.** Після засвоєння освітньої компоненти аспіранти мають продемонструвати такі результати навчання:

РН02. Володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі хімії та бути здатним застосовувати їх до професійної діяльності на межі предметних галузей.

РН3. Інтегрувати існуючі методики та методи досліджень та адаптувати їх для розв'язання наукових завдань при проведенні дисертаційних досліджень.

PH19. Дотримуватись етичних норм, враховувати авторське право та норми академічної доброчесності при проведенні наукових досліджень, презентації їх результатів та у науково-педагогічній діяльності.

PH20. Використовувати набуті знання та компетенції з хімії для реалізації оригінального рішення, направлено на розв'язання конкретної науково-технічної проблеми.

PH21. Знати та розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.

## 2. Місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою

Перелік освітніх компонент, знань та умінь, володіння якими необхідні аспіранту для успішного засвоєння освітньої компоненти:

| <b>Пререквізити:</b>                                |  |
|---|--|
| Поверхневі явища                                    | основи фізичної хімії, матеріалознавства, адсорбції, капілярних та адгезійних явищ, загальні положення про кінетику процесів та контактну взаємодію на міжфазній межі. |
| Технологію з'єднання – паяння керамічних матеріалів | Загальні принципи та методи отримання паяних з'єднань.   |
| Науково-дослідна практика                           | Знання з технології та інженерії, а також дослідницькі навички, достатні для проведення досліджень з відповідного напрямку.  |
| <b>Постреквізити:</b>                               |  |
| Наукова складова                                    | Планування і виконання експериментальних досліджень з використанням сучасних методів та методик дослідження, критичний аналіз результатів досліджень.                  |

## 3. Зміст освітньої компоненти

### **Тема 1. Поверхневі явища.**

Роль поверхневих явищ в металургії. Адсорбція, природа адсорбційних сил, адсорбція газів на твердому адсорбенті, рівняння Ленгмюра, адсорбція з розчинів на твердому адсорбенті, адсорбція в системі газ - рідина.

### **Тема 2. Основні закони капілярності.**

Рівняння Юнга, основні закони капілярності, природа адгезійних сил.

### **Тема 3. Поверхневий натяг металевих розплавів.**

Поверхневий натяг подвійних і багатокомпонентних металевих систем, рівняння Гіббса, поверхнево активні речовини, методи визначення поверхневого натягу, метод «великий» краплі.

### **Тема 4. Капілярні властивості і термодинаміка поверхневого шару розплавів.**

Метод надлишкових величин (метод Дж. В. Гіббса) і метод шару кінцевої товщини (обґрунтований Гуггенгейм Е. А.), поверхневий натяг і термодинаміка поверхневого шару подвійних металевих систем Cu-Ti і Cu-Zr.

### **Тема 5. Міжфазні поверхневі енергії та змочування твердих тіл рідиною в рівноважних і нерівноважних системах.**

Рівноважні і нерівноважні металеві системи, крайовий кут змочування, гістерезис кута змочування, теплота змочування.

### **Тема 6. Змочування тугоплавких оксидів металевими розплавами.**

Загальні закономірності змочування оксидів, вплив електронегативного елемента (кисню) на змочування оксидів, механізм зв'язку (адгезії) рідкий метал-твердий оксид.

**Тема 7. Змочування безкисневих іонних речовин (фторидів, селенідів) металевими розплавами.**

Змочування фторидів лужноземельних металів металевими розплавами, незмочування, кінетика, дезмочування, вогнетривки для плавлення металевих розплавів, що містять хімічно активні компоненти (Ti, Zr, Hf, Nb).

**Тема 8. Змочування тугоплавких ковалентних речовин металевими розплавами.**  
Закономірності змочування тугоплавких карбідів, нітридів, боридів.

**Тема 9. Змочування алмазу і графіту металевими розплавами.**

Загальні основи змочування металевими розплавами алмазу і графіту, їх контактна взаємодія.

**Тема 10. Паяння неметалевих матеріалів.**

Методи паяння неметалевих матеріалів, адгезійно-активне паяння

**Тема 11. Паяння твердого сплаву (WC-Co) з металевими матеріалами.**

Твердий сплав (WC-Co) отримання, властивості, змочування металевими розплавами, паяння.

**Тема 12. Виготовлення алмазного інструменту.**

Методи отримання, просочування і змочування металевими розплавами, експлуатаційні властивості.

#### **4. Навчальні матеріали та ресурси**

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці інституту, а також може бути надана в електронному вигляді. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні.

##### **Базова література:**

1. Єременко В. Н. Змочування рідкими металами твердих поверхонь тугоплавких сполук / В. Н. Єременко, Ю. В. Найдіч. – К.: Видавництво АН УССР, 1958. – 60 с.
2. Naidich Yu. V. The wettability of solids by liquid metals // Progress in Surface and Membrane Science. – 1981. – Vol. 14 – P. 353–484.
3. Naidich Y.V. Advance in the theory of ceramics/liquid metal systems wettability. Peculiarity of contact processes for transition and non-transition metals. Adhesion of melts and brazing of materials. 2013. Issue 46. P. 3—62.
4. Eustathopoulos N., Nicholas M. G., Drevet B. Wettability at High Temperatures. Pergamon Materials series, Oxford, UK, Amsterdam, 1999. –420 p.
5. Krasovsky V.P. Interaction of single-crystalline metal fluorides with titanium-containing melts Powder Metallurgy and Metal Ceramics, Publisher: Springer New York. 2019, Vol. 58, No. 5/6, P. 334—340 DOI: 10.1007/s11106-019-00083-y
6. Naidich Yu.V., Umanskii V.P., Lavrinenko I.A. Strength of the Diamond —Metal Interface and Brazing of Diamonds. Cambridge International Science Publishing, 2007.— 160 p.
7. Бялік О.М., Черненко В.С., Писаренко В.М., Москаленко Ю.Н.. Металознавство. Вид. ІВЦ "Політехніка", 2001, с. 41-47.
8. Jena A.K., Chaturvedi M.C.. Phase transformations in materials. Prentice Hall, New Jersey, 1992. P. 66-131.
9. Gibbs J.W. The scientific papers of J.W. Gibbs. Vol. 1. Thermodynamics. – Dover Publications, I.N.C. New York, 1906.

10. Guggenheim E. A. *The thermodynamics of interfaces in systems of several components* // *Trans. Faraday Soc.* – 1940. – No. 36. – P. 397–411.
11. Іващенко Ю.М., Єременко В.Н. *Основи прецезійного вимірювання поверхневої енергії розплавів за методом лежачої краплі.* - Київ: Наук. думка, 1972. - 231 с.
12. *Паяння матеріалів: підручник* /Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, С.В. Максимова, В.Ф. Хорунов, В.В. Жигарьов ;за загальною редакцією В.Ф. Хорунова і В.Ф. Квасницького – Миколаїв: НУК, 2015. – 340с.

#### **Додаткова література:**

1. Krasovskyy V.P., Shapiro A.E. *Wetting and soldering of superhard materials based on dense boron nitride polymorphs with solder melts.* *J. Superhard Materials.* 2023. Vol. 45, No. 2. P. 93—102. <https://doi.org/doi:10.3103/S1063457623020053>
2. Уманський В. П., Красовський В. П., Бащенко О. О. Вплив добавок ультрадсперсного порошку алмазу та олова у зв'язку алмазних трубчастих свердл на їх експлуатаційні характеристики при свердлінні фарфору, граніту та абразивного каменю. *Порошкова металургія*, 2022, № 11/12, С. 164–174. <http://www.materials.kiev.ua/article/3522>

## Навчальний контент

### **5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

*Передбачено комплексний підхід, що поєднує лекції та семінари, а також розгляд питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовується ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені в Google Classroom. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої. Метою практичних занять є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення освітньої компоненти.*

### **6. Самостійна робота**

*Самостійна робота включає повторення лекційного матеріалу, опрацювання рекомендованої літератури, що дозволяє розширити та поглибити знання з дисципліни, підготовку до практичних завдань та заліку.*

## Політика та контроль

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

*Відвідування лекційних та семінарських занять, які можуть проводитись як он-лайн, так і офф-лайн, є обов'язковим. У випадку відсутності на занятті аспіранти зобов'язані повідомити викладача заздалегідь і надати документальне підтвердження причини відсутності, якщо це можливо. На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості. Під час сигналу повітряної тривоги заняття негайно припиняється, а всі учасники навчального процесу повинні пройти в найближче укриття. Для завершення заняття організується додатковий час.*

*Правила призначення заохочувальних та штрафних балів. Заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем за активну участь у заняттях, виконання творчих робіт з освітньої компоненти або додаткового проходження он-лайн*

профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату. Але їх сума не може перевищувати 25% від рейтингової шкали. Штрафні бали в рамках освітньої програми не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань. Дедлайни здачі завдань та контрольних робіт є обов'язковими. У разі поважних причин, аспіранти можуть звернутись до викладача для можливої зміни продовження термінів. Запити на продовження дедлайну повинні бути подані заздалегідь.

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

В рамках навчальної дисципліни передбачено кілька видів контролю та систему рейтингування результатів навчання, а саме:

Поточний контроль: опитування під час лекцій та на семінарських заняттях.

Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система оцінювання формується з суми балів, набраних під час поточного та семестрового контролю. Рейтинг аспіранта  $R$  розраховується за 100 бальною шкалою та складається з балів, що він отримує протягом семестру (стартовий рейтинг)  $S$  та диференційованого заліку  $C$ . Додаткові бали  $D$  можна отримати за активну участь у заняттях, виконання творчих робіт з освітньої компоненти або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату. Таким чином, сумарний рейтинговий бал розраховується як

$$R=S + C + D$$

Стартовий рейтинг  $S$  складається з балів, що аспірант отримує за відвідування занять (1 бал), активну роботу на занятті (2 бали), правильну відповідь при поточному опитуванні (2 бали), виконання творчого завдання (5 балів). Максимальна сума балів, яку аспірант може набрати протягом семестру (стартовий рейтинг), складає 50 балів. Умовою допуску до заліку є кількість рейтингових балів не менше 30.

На заліку аспіранти виконують письмову тестову роботу, що складається з 50 питань. Кожне запитання (завдання) оцінюється в 1 бал. Умовою успішної здачі заліку є кількість отриманих за залікову роботу балів не менше 30.

Сумарний рейтинговий бал розраховується за формулою:

$$R=S + C + D,$$

де  $S$  – стартовий рейтинг;

$C$  – залік;

$D$  – додаткові бали.

Відповідність між кількістю балів, оцінкою за національною шкалою та шкалою ECTS наведена в таблиці.

| Кількість балів           | Шкала ECTS | Оцінка за національною шкалою |
|---------------------------|------------|-------------------------------|
| 90-100                    | A          | Відмінно                      |
| 85-89                     | B          | Добре                         |
| 75-84                     | C          |                               |
| 65-74                     | D          | Задовільно                    |
| 60-64                     | E          |                               |
| Менше 60                  | FX         | Незадовільно                  |
| Не виконані умови допуску |            | Не допущено                   |

## **9. Додаткова інформація з освітньої компоненти**

*Робочу програму освітньої компоненти (силабус):*

*Складено зав. від., д.х.н., старш. наук. співр. Красовським В.П. та пров.наук. співр., к.х.н. Дуровим О.В.*

*Ухвалено Вченою радою Інституту проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича Національної академії наук України (протокол №10 від «06» серпня 2024 р.).*