



# Фізична хімія процесів змочування

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>132 Матеріалознавство</i>
Освітня програма	<i>Матеріалознавство</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/денна (вечірня)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ECTS/120 год: лекції - 18 год; практичні заняття – 18 год; Самостійна робота студента – 84 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР</i>
Розклад занять	<i><a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a></i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор, Мініцький Анатолій Вячеславович, <a href="mailto:aminitsky@gmail.com">mail:aminitsky@gmail.com</a> Практичне заняття: д.т.н., професор, Мініцький Анатолій Вячеславович</i>
Розміщення курсу	

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Вивчаючи дисципліну, студенти узагальнюють знання, що стосуються процесів змочування та капілярних явищ в твердих і рідких фазах, визначають контактні реакції, що обумовлюють технологічні властивості ряду систем при виробництві матеріалів, хід, швидкість і саму можливість протікання процесу одержання продукту, його структуру і характеристики.

Метою викладання навчальної дисципліни є формування у аспірантів здатностей:

- Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у матеріалознавстві, дотичних та міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з матеріалознавства;
- Здатність розробляти проекти виробничих технологічних процесів виготовлення виробів з сучасних матеріалів традиційними та генеративними методами.;

а також розвиток загальних компетентностей, які полягають у:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу та оцінки сучасних наукових досягнень, генерування нових знань при вирішенні дослідницьких і практичних завдань
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

Предметом дисципліни є вивчення фізико-хімічних явищ в процесах змочування

Після засвоєння навчальної дисципліни аспірант повинен знати:

- Методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації
- Новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах
- Фізичних, хімічних та математичних принципів матеріалознавства
- Закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення

Аспірант повинен уміти:

- Застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації
- Застосовувати знання наукових принципів матеріалознавства для модернізації та створення нових матеріалів та процесів

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Дисципліна викладається в першому семестрі підготовки за освітньою програмою підготовки докторів філософії з матеріалознавства. Для успішного засвоєння дисципліни, аспірант повинен володіти набором компетентностей магістерського рівня.

Дисципліна забезпечує розширення інженерного кругозору в галузі матеріалознавства та інженерії матеріалів чим формує заключний набір компетенцій та інтегральну компетенцію. Результати вивчення дисципліни можуть бути використані при виконанні розрахунків та оцінці результатів в дисертаційних роботах.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Дисципліна – «Фізична хімія процесів змочування» містить один змістовний модуль: «Властивості змочування матеріалів»

*Розділ 1. Фізико-хімічні основи стану поверхні речовини*

*Вступ. Розвиток та сучасний стан вчення про поверхневі явища, як одного із основних розділів фізичної хімії. Внесок вітчизняних та зарубіжних вчених в становлення та розвиток фізико-хімічних основ стану поверхні речовини. Особливості та перелік фізико-хімічних явищ, які протікають на поверхні речовини, їх місце і роль в теорії та технології порошкової металургії і одержанні композиційних матеріалів та покриттів. Поверхневий натяг та поверхнева енергія. Теоретичні методи оцінки поверхневої енергії і вільної поверхневої енергії. Вплив границь зерен, процеси впорядкування, поверхнева сегрегація, взаємодія поверхонь з оточуючим середовищем, фізична і хімічна адсорбція.*

*Розділ 2. Вплив фізико-хімічних факторів на змочування твердих тіл.*

*Явища пов'язані з виникненням краєвого кута. Вплив шорсткості поверхні на змочування та розтікання. Утворення нової фази. Поверхневі явища в процесах порошкової металургії. Роль поверхневих явищ при виготовленні порошків металів та сплавів. Поверхневі явища в процесах формування та спікання порошків. Спікання за участю рідкої фази, просочування пористих тіл рідкими металами. Адгезійна взаємодія твердих тіл. Поверхневі явища при одержанні композиційних матеріалів та покриттів. Вплив різних факторів на зношування матеріалів. Вплив плівок на механічні властивості поверхні твердих тіл.*

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

*Базова література*

1. Маслюк В. А. Фізико-хімічні основи поверхневих явищ в твердих дисперсних системах [Текст] : навчальний посібник / В. А. Маслюк, П. І. Лобода, А. В. Мініцький. – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 212 с.
2. Великонська Н. М. Поверхневі явища та дисперсні системи [Текст] : навчальний посібник / Н. М. Великонська, А. А. Надточій. – Дніпро : НМетАУ, 2018. – 78 с.
3. Фізична хімія. Розділ «Поверхневі явища та дисперсні системи» [Текст] : навчальний посібник / Л. В. Камкіна, С. М. Масленко, Г. І. Шевченко [та ін.] – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2007. – 51 с.
4. Adamson A.W. Physical chemistry of surfaces / Adamson A. W., Gast A. P. – 6<sup>th</sup> ed., 1997.– 784 p.
5. Некрасов О. П. Поверхневі явища і дисперсні системи [Текст] : навчальний посібник / О. П. Некрасов, Б. А. Веретенченко. – Харків : НТУ «ХПІ», 2018. – 112 с.

#### Додаткова література

1. Мороз А. С. Фізична та колоїдна хімія / Мороз А. С., Ковальова А. Г. – Львів : Світ, 1994. – 280 с.
2. Клындюк А. И. Поверхностные явления и дисперсные системы : учеб. пособие для студентов химико-технологических специальностей / А. И. Клындюк. – Минск : БГТУ, 2011. – 317 с.
3. Фізична та колоїдна хімія / Кабачний В. І., Осипенко Л. К., Грицан Л. Д. [та ін.]. – Харків : Прапор, В-во УкрФА, 1999. – 368 с.
4. D. E. Packham; 'Handbook of Adhesion', 2nd Edition, John Wiley & Sons: England, (2005).

Рекомендується ознайомитись зі змістом вказаних базових та додаткових джерел, які знаходяться у бібліотеці НТУУ КПІ ім. Ігоря Сікорського для глибшого опрацювання рекомендованих викладачем розділів, що відповідають тематиці лекцій та/чи практичних занять. Для окремих розділів доцільно створити електронний конспект.

### Навчальний контент

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

##### Зміст лекційних занять

Лекція 1. Вступ. Розвиток та сучасний стан вчення про поверхневі явища, як одного із основних розділів фізичної хімії. Внесок вітчизняних та зарубіжних вчених в становлення та розвиток фізико-хімічних основ стану поверхні речовини. (мультимедійна презентація; [1])

Лекція 2. Загальна характеристика поверхні та поверхневих явищ. Поверхневий натяг та поверхнева енергія. Теоретичні методи оцінки поверхневої енергії і вільної поверхневої енергії. Міцність твердих тіл на розривання та зсув. Адгезія, адсорбція, змочування та розтікання рідини по поверхні твердого тіла. Структура поверхні та поверхневі процеси.; ([2], [4])

Лекція 3. Краєвий кут, розтікання рідини по поверхні твердого тіла і явища що супроводжують змочування. Поняття краєвого кута змочування рідиною поверхні твердого тіла. Рівняння Юнга. термодинаміка поверхневих явищ Гіббса, робота адгезії на межі тверде тіло-рідина, міцність зв'язку на межі фаз, фізичний і хімічний зв'язок. Вплив шорсткості поверхні на змочування та розтікання. Поверхневі властивості твердого тіла і рідини. (електронна презентація; [1], [2])

Лекція 4. Проведення тематичної контрольної роботи. Роль поверхневих явищ при виготовленні порошків формуванні та спіканні порошкових тіл. Дисперсний та ультрадисперсний стан твердого тіла. Капілярний тиск, поверхнева дифузія, перенесення речовини через газову фазу складові процесу спікання порошкового тіла. Поверхневі явища в процесах спікання за участю рідкої фази, та просочування пористих тіл рідкими металами. (електронна презентація; [2],[3])

Лекція 5. Стадії процесу тертя і фізико-хімічні властивості поверхонь що труться. Взаємозв'язок між силою тертя і твердістю контактуючих поверхонь. Формування плівок перенесення. Вплив межі зерен. Зміна кристалічної структури при терті. (електронна презентація; [1], [3])

Лекція 6. Дія поверхневих плівок на механічний стан і трибологічні характеристики поверхні твердих тіл. Адсорбція газів на поверхні твердого тіла. Типи адсорбції, адсорбційна взаємодія, фізична і хімічна адсорбція, подвійний електричний шар.; [2], [3])

Лекція 7. Проведення тематичної контрольної роботи. Вплив кристалографічної орієнтації і кристалічної структури на адгезійну взаємодію і адгезійні властивості твердих тіл. Енергія когезійної взаємодії і розщеплення твердих тіл. Руйнування когезійних зв'язків. Пружна і пластична деформація взаємодіючих поверхонь. Поверхнева сегрегація і її вплив на адгезійну взаємодію. Адгезія і чистота поверхні, адгезія полімерів.; [2], [3])

### **Перелік тем практичних занять**

1. Визначення поверхневого натягу на границі розділу фаз рідина 1 – рідина 2 (4 години)
2. Визначення рівноважної концентрації розчину адсорбенту (6 годин)
3. Визначення кута змочування за методом «краплі» (6 годин)
4. Вплив технологічних процесів на вибір матеріалів (4 години)
5. Розрахунок роботи адгезії (6 години)

### **6. Самостійна робота аспіранта**

Самостійна робота студентів (загальна тривалість 96 годин) з дисципліни полягає в

- самостійному опрацюванні літературних джерел для розширення розуміння лекційних тем, для фокусування розглянутих експериментальних методів визначення вільної поверхневої енергії (30 годин);
- підготовці до виконання практичних занять, аналізу одержаних результатів та формулюванні висновків – в розрахунок 1 година на 1 годину виконання практичних занять (24 години);
- підготовка до тематичних контрольних робіт (12 годин)
- підготовці до підсумкової атестації – заліку (30 годин).

## **Політика та контроль**

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

Система вимог, які ставляться перед аспірантом:

- Завдання пропущеного практичного заняття студент повинен виконати в час, узгоджений з викладачем.
- Під час усіх видів аудиторних занять забороняється використання мобільних телефонів у звуковому режимі, дозволяється обмежене використання месенджерів у беззвучному режимі. Під час практичних занять дозволяється застосування персональних комп'ютерів для пошуку інформації, використання власних хмарних ресурсів, тощо.
- Результати виконаних практичних занять оформлюються у вигляді звітів з застосуванням текстового редактора. Звіт супроводжується формулами, графіками, копіями екрану – елементами, які підтверджують виконання завдань та одержані результати. За дистанційної чи змішаної форми навчання звіт оформлюється засобами googledocs, після чого надається доступ для редагування для викладача. За звичайної аудиторної форми навчання звіт виконується в будь-якому текстовому редакторі і на перевірку надається у роздрукованому вигляді. Безпосередній захист відбувається у формі співбесіди, запитань-відповідей.
- Заохочувальні бали можуть бути призначені за особливі успіхи у навчанні – переважно використання програмного продукту та методик оптимального вибору для розв'язання реальних задач за тематикою власних наукових досліджень, курсового чи дипломного проектування. Сумарна кількість заохочувальних балів може складати від 1 до 10 балів.

- Політикою дедлайнів передбачається необхідність своєчасного виконання завдань. Звіти з практичних занять виконуються і подаються на перевірку не пізніше 2-х тижнів з моменту завершення. Усі письмові документи мають бути захищені до закінчення теоретичного навчання в семестрі.
- Усі учасники освітнього процесу: викладачі і аспіранти в процесі роботи вивчення дисципліни мають керуватись принципами академічної доброчесності, передбаченими «Кодексом честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»» <https://kpi.ua/code>.

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

### **Поточний контроль:**

- Експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях – максимум 4 бали, всього 26 балів.
- Захист звітів з практичних всього максимально 50 балів, відповідно:
  - Практична робота 1                      максимум 10 балів
  - Практична робота 2                      максимум 12 балів
  - Практична робота 3                      максимум 12 балів
  - Практична робота 4                      максимум 8 балів
  - Практична робота 5                      максимум 8 балів
- МКР розбита на 2 Тематичні контрольні роботи, які проводяться у вигляді тестів на 7-му та 11-му навчальних тижнях. Максимальна оцінка за кожний тест 12 балів, всього складає 24 бали за семестр.

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для позитивного першого календарного контролю аспірант повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №1 і №2 та Тематичної контрольної роботи №1. Для позитивного другого календарного контролю аспірант повинен отримати позитивні оцінки за захист практичних робіт №3 і №4 та тематичної роботи №2.

### **Семестровий контроль: залік.**

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 60 балів за умови виконання усіх практичних робіт та кількості балів за видами робіт, відповідно:

- Експрес-опитування або тестування на лекційних заняттях не менше 15
- Тематичні контрольні роботи не менше 15
- Захист звітів з практичних не менше 30 балів.

У випадку незгоди з семестровим рейтингом, аспірант має право здавати залікову контрольну роботу, що складається з двох завдань. Проводиться письмово, на написання відводиться 2 академічна години. У випадку, якщо оцінка за залікову контрольну менша ніж за рейтингом, застосовується «м'який» PCO (аспірант отримує більшу з оцінок із отриманих за результатами залікової контрольної або за рейтингом).

Відповідь на кожне з питань оцінюється у 50 балів за 100-бальною шкалою, відповідно:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання);
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями);
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками);
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно».

Оцінка за відповідь знижується – за принципові помилки у відповіді на 15-10 балів, за неповну відповідь на 10-5 балів, за неправильне використання термінів на 5 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *Рекомендовано застосовувати процеси фізико-хімічних явищ, що відбуваються при змочуванні під час виконання наукових бюджетних та відомчих тематик, пов'язаних із створенням та розробкою нових матеріалів.*
- *У випадку проходження дистанційних чи онлайн курсів за тематикою курсу, що підтверджується відповідними сертифікатами, додатково нараховуються 40 балів.*
- *Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль знаходиться в Додатку А.*
- *Практичні роботи плануються з максимальним використанням обладнання лабораторій ЦККНО «Матеріалознавство тугоплавких сполук та композитів» в структурі ІМЗ ім. Є. О. Патона, яке застосовується при одержанні та дослідженні широкого спектру порошкових, композиційних матеріалів та покриттів.*
- *Результати навчання за даною дисципліною здобуті у неформальній/інформальній освіті, зокрема із використанням відкритих навчальних он-лайн курсів (Prometeus, Coursera тощо), визнаються за умови одержання відповідних сертифікатів. При цьому може бути перезарахований як освітній компонент повністю, так і його окремі складові (змістовні модулі, окремі теми, окремі практичні заняття). Можливість перезарахування (відповідність змісту дисципліни) та обсяг навчальних годин визначається викладачем для кожного конкретного випадку і здійснюється за процедурою, яка відповідає "Положенню про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті".*

#### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

**Складено:** професором каф. Високотемпературних матеріалів та порошкової металургії, д.т.н., професором, Мініцьким Анатолієм Вячеславовичем.

**Ухвалено** кафедрою ВТМ та ПМ (протокол № 9 від 14 лютого 2025 р.)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІМЗ ім. Є. О. Патона (протокол № 6/25 від 19 лютого 2025 р.)

*ДОДАТОК А*  
*Завдання на семестровий контроль*

*Завдання №1*

*Що таке енергія когезійної взаємодії?*

*Як залежить енергія адсорбції від відстані між адсорбатом і адсорбентом?*

*Завдання №2*

*Які типи міжатомних зв'язків ви знаєте?*

*Які фізико-механічні властивості визначаються енергією когезійної взаємодії?*

*Завдання №3*

*Як експериментально визначають поверхневу енергію за теплою розчинення порошків?*

*Яким чином визначається поверхнева енергія за допомогою кураєвого кута змочування?*

*Завдання №4*

*Що таке робота адгезії і як вона визначається?*

*Як виникають границі зерен при кристалізації розплавів металів, що вони собою являють?*

*Завдання №5*

*Як впливають перерозподіл домішок біля вільної поверхні на адгезійні та фрикційні властивості твердого тіла?*

*Чим пояснюється поверхнева сегрегація і де вона протікає найбільш інтенсивно в твердому тілі?*

*Завдання №6*

*У чому полягає відмінність між фізичною і хімічною адсорбцією?*

*Що таке ізотерма адсорбції Ленгмюра? Напишіть рівняння ізотерми мономолекулярної адсорбції?*

*Завдання №7*

*Які види поверхневих явищ ви знаєте?*

*Який вигляд має ізотерма багатошарової адсорбції?*

*Завдання №8*

*Наведіть рівняння ізотерми BET і вкажіть для чого воно використовується?*

*Як залежить енергія зв'язку атому від кількості адсорбованої речовини?*

*Завдання №9*

*Чим відрізняється контактне змочування твердого тіла рідиною від імерсійного змочування?*

*Як визначається крайовий кут змочування?*

*Завдання №10*

*Що таке коефіцієнт розтікання і від чого він залежить?*

*Як визначається капілярний тиск, за допомогою якого рівняння?*

*Завдання №11*

*В чому проявляється гістерезис змочування і які форми гістерезису розрізняють при змочуванні реальних твердих тіл?*

*Як визначається рівноважний краєвий кут при змочуванні пористих тіл?*

*Завдання №12*

*Чим визначається вплив домішок, що розчиняються в рідких металах на краєві кути змочування?*

*Як впливає ступінь змочування на процеси деформації і руйнування твердих тіл?*