



Фізико-хімія процесів в сучасних технологіях кераміки та скла

Робоча програма навчальної ОК (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна інженерія та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології неорганічних в'язучих речовин, кераміки, скла та полімерних і композиційних матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>денна / заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен усний / модульна контрольна робота, розрахункова робота.</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години один раз на тиждень (1 пара), лабораторні заняття 4 години 1 раз на два тижні (2 пари) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.х.н., ст. викл., Пилипенко Ігор Володимирович, i.pylypenko@kpi.ua Лабораторні: к.х.н., ст. викл., Пилипенко Ігор Володимирович, i.pylypenko@kpi.ua
Розміщення курсу	Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача

Програма навчальної дисципліни

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

Освітній компонент «Фізико-хімія процесів в сучасних технологіях кераміки та скла» дає можливість поглибленого вивчення теоретичних основ хімічної технології сучасної кераміки та скла з комплексом фізико-технічних та експлуатаційних властивостей, що відповідають вимогам виробництва. Він відноситься до професійної та практичної підготовки.

Метою викладання навчальної дисципліни полягає у вивченні впливу різних факторів на структурно-механічні характеристики силікатних дисперсних систем та матеріалів.

Основними завданнями вивчення дисципліни є забезпечення підвищення загальнотеоретичної підготовки магістрів, сприяє поглибленому розумінню технологічних процесів у виробництві неорганічних матеріалів, формує у студентів творчий підхід та прагнення до удосконалення технологічного процесу.

Згідно з освітньо-професійною програмою здобувачі повинні набути наступні програмні компетентності:

ФК04. Здатність використовувати сучасне спеціальне наукове обладнання та програмне забезпечення при проведенні експериментальних досліджень і здійсненні дослідно-конструкторських розробок у сфері хімічних технологій та інженерії.

ФК08. Здатність використовувати поглиблені знання з фізичної хімії для інноваційної діяльності в сфері хімічних технологій неорганічних в'язучих речовин, кераміки, скла та полімерних і композиційних матеріалів

Програмні результати навчання:

ПРН 5. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення і презентації результатів професійної діяльності, досліджень та проектів.

ПРН 10. Контролювати ефективність технологічних процесів, інтегральну якість продукції на основі аналізу фізико-хімічних процесів в галузі неметалевих матеріалів.

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

Освітній компонент «Фізико-хімія процесів в сучасних технологіях кераміки та скла» базується на таких фундаментальних дисциплінах як фізика, неорганічна та фізична хімія, хімія поверхневих явищ в дисперсних системах (колоїдна хімія), реологія дисперсних систем, тощо.

Дисципліна логічно пов'язана з освітніми компонентами: «Фізико-хімія процесів в сучасних технологіях в'язучих та полімерних матеріалів», «Практика», «Виконання магістерської дисертації» та закріплює знання, отримані при їх вивченні.

3. Зміст навчальної дисципліни

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ І МАТЕРІАЛІВ	
1	Лекція 1. Основні засади реології
2	Лекція 2. Елементи механіки рідкого стану речовини
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ В ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ: МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ	
3	Лекція 3. Реологічні моделі деформаційного процесу в дисперсних системах
4	Лекція 4. Методи визначення структурно-механічних властивостей дисперсних систем
РОЗДІЛ 3. СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ В НЕОРГАНІЧНИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ	
5	Лекція 5. Коагуляційне і конденсаційно-кристалізаційне структуроутворення в дисперсних системах
6	Лекція 6. Особливості структуроутворення в низькоконцентрованих дисперсіях
7	Лекція 7. Реологія силікатних розплавів
РОЗДІЛ 4. РОЛЬ ХІМІЇ ПОВЕРХНІ ТВЕРДОЇ ФАЗИ В ПРОЦЕСАХ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ	
8	Лекція 8. Хімія поверхні силікатів
9	Лекція 9. Фізико-хімічні засади процесів шлікерного лиття
РОЗДІЛ 5. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОДИНИЧНИХ КОНТАКТІВ В КЕРАМІЧНИХ СИСТЕМАХ	
10	Лекція 10. Елементи теорії міцності дисперсних структур
11	Лекція 11. Еволюція одиничних контактів в основних технологічних процесах виробництва кераміки
РОЗДІЛ 6. РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СИЛІКАТНИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ	
12	Лекція 12. Структурно-механічна класифікація дисперсних структур
13	Лекція 13. Структурно-механічні характеристики силікатних дисперсних систем
РОЗДІЛ 7. ХІМІЧНІ МЕТОДИ РЕГУЛЮВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИСПЕРСНИХ СТРУКТУР	
14	Лекція 14. Класифікація хімічних методів
15	Лекція 15. Використання ПАР

РОЗДІЛ 8. ФІЗИЧНІ МЕТОДИ РЕГУЛЮВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДИСПЕРСНИХ СТРУКТУР

16	Лекція 16. Ультразвукова обробка
17	Лекція 17. Механохімічна активація
18	Лекція 18. Підсумкове заняття, залік

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Фізико–хімія сучасних неорганічних матеріалів [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів» /Б.Ю. Корнілович, І.В. Пилипенко, І.А. Ковальчук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,62 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 134 с.
2. Сальник, В.Г. Фізико-хімічна механіка дисперсних структур у технології будівельного фарфору [Текст] / В.Г. Сальник, В.А. Свідерський, Л.П. Черняк. – К.: Знання, 2012. – 158 с
3. Братчун В.І., Золотарьов В.О., Пактер М.К., Беспалов В.Л. Фізико-хімічна механіка будівельних матеріалів : навчальний посібник. – Макіївка – Харків : Донбаська НАБА, 2006. – 302 с.
4. Мчедлов-Петросян М.О. Колоїдна хімія: підручник / М.О. Мчедлов-Петросян, В.І. Лебідь, О.М. Глазкова, О.В. Лебідь; за ред. проф. М.О. Мчедлова-Петросяна. – 2-ге вид., випр. і доп. – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – 500 с.
5. Гомонай В.І. Фізична та колоїдна хімія: Підручник. В: НОВА КНИГА, 2007. – 496с.

Допоміжна

1. Shchukin Evgeny Dmitrievich. Physical-chemical mechanics of disperse systems and materials. / E. Shchukin, A. Zelenev. – London : CRC Press, 2016. – 375 p.
2. Корнілович Б.Ю. Фізична хімія кремнезему і нанодисперсних силікатів: навчальний посібник / Корнілович Б.Ю., Андрієвська О.Р., Племянніков М.М., Спасьонова Л.М.; за редакцією чл.-кор. НАН України Б.Ю. Корніловича. – К.: «Освіта України», 2013. – 178.
3. Фізико-хімічна механіка дорожньо-будівельних матеріалів : навч. посібник / А. О. Беятинський, К. В. Краюшкіна. – К. : НАУ, 2016. – 244 с.
4. Händle F. The Art of Ceramic Extrusion. – New York : Springer International Publishing, 2019. – 412 p.
5. Hench Larry. Science of ceramic chemical processing / L. Hench. – New York : Wiley, 1986. – 594 p.
6. Boch Philippe. Ceramic materials: processes, properties and applications / P. Boch. – Chippenham : Antony Rowe Ltd, 2006. – 573 p.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

№	Дата	Опис заняття
1	1 тиждень	Лекція 1. Основні засади реології. Предмет фізико-хімічної механіки дисперсних систем і матеріалів. Умовність поділу матеріалів на рідкі та тверді. Роль часового фактору при характеристиці деформаційного процесу. Швидкість деформування. Реологічна поведінка дисперсних систем. Визначальне значення фізико-хімічних явищ на границях поділу фаз в процесах структуроутворення дисперсних систем. Фізико-хімічна механіка в силікатних технологіях.

2	2 тиждень	Лекція 2. Елементи механіки рідкого стану речовини Поняття про «суху» воду. Закони гідростатики. Рівняння безперервності. Поле швидкостей. Операторна форма гідродинамічного рівняння безперервності. Рівняння Бернуллі. В'язкість істинних та колоїдних розчинів. Ньютонівська в'язкість. Експоненціальна залежність в'язкості від температури. Ламінарний та турбулентний режими руху рідини. Число Рейнольдса. В'язкість колоїдних розчинів, рівняння Ейнштейна. В'язкість розбавлених дисперсних систем з анізотричними колоїдними частинками. Залежність орієнтації частинок в потоці від швидкості течії
3	3 тиждень	Лекція 3. Реологічні моделі деформаційного процесу в дисперсних системах. Пружна, в'язка та пластична поведінка твердих тіл при деформуванні. Реологічні моделі механічної поведінки твердих тіл. Модель Максвелла - як модель послідовного поєднання пружного гуківського елементу і в'язкого ньютонівського елементу. Поняття про релаксацію напруг. Модель Кельвіна - як модель паралельного поєднання пружного гуківського елементу і в'язкого ньютонівського елементу. Модель Бінгама - як модель паралельного поєднання в'язкого ньютонівського елементу та кулонівського елементу сухого тертя.
4	4 тиждень	Лекція 4. Методи визначення структурно-механічних властивостей дисперсних систем. Теоретичні засади визначення структурно-механічних властивостей суспензій. Віскозіметрія. Прилад Вейлера-Рейндера. Реотест. Теоретичні засади визначення структурно-механічних властивостей паст і напівсухих мас. Прилад Толстого.
5	5 тиждень	Лекція 5. Коагуляційне і конденсаційно-кристалізаційне структуроутворення в дисперсних системах. Поняття про коагуляційні, конденсаційні та кристалізаційні дисперсні структури. Термодинамічні аспекти процесів структуроутворення в дисперсних системах. Розвиток просторових сіток різних типів при коагуляційному структуроутворенні. Особливості прояву тиксотропії при руйнації коагуляційних структур. Прояви тиксотропії в природних коагуляційних системах. Явище дилатансії в дисперсних системах. Роль поверхнево – активних речовин (ПАР) в процесах структуроутворення.
6	6 тиждень	Лекція 6. Особливості структуроутворення в низькоконцентрованих дисперсіях. Поняття про ліофільні та ліофобні дисперсні системи. Термодинамічна характеристика ліофільних дисперсних систем. Критерій ліофільності П.О. Рейндера. Самочинне диспергування конденсованих фаз. Роль ентропійного фактору в самочинному диспергуванні. Крайовий кут змочування. Ліофільно – ліофобний баланс і його зв'язок з явищами флокації в гідрометалургії при збагаченні рудної сировини.
7	7 тиждень	Лекція 7. Реологія силікатних розплавів Характеристика силікатних розплавів. Вплив типу дисперсної фази та форми частинок на реологію розплавів. Вплив температури на кінетику формування (кристалізації) та розчинення дисперсної фази. Вплив хімічного (оксидного) складу та типу йонів на реологію силікатних розплавів.

	8 тиждень	Лекція 8. Хімія поверхні силікатів Електростатичний та адсорбційно – сольватаційний фактори стійкості низькоконцентрованих дисперсій. Теорія стійкості ліофобних дисперсних систем Дерягіна – Ландау – Фервея – Овербека (ДЛФО). В'язкість низькоконцентрованих структурованих дисперсій. Аномальні чи нен'ютонівські рідини. Ефективна в'язкість. Залежність ефективної в'язкості від швидкості деформації. Ефективна в'язкість в зв'язанодисперсних системах. Тіксотропія в дисперсних системах. Лавиноподібний характер руйнування дисперсних структур.
9	9 тиждень	Лекція 9. Фізико-хімічні засади процесів шлікерного лиття Керамічні шлікери – як низькоконцентровані дисперсні системи. Текучість та стійкість шлікерів. Вплив різних факторів на дзета – потенціал шлікерів. Вплив індиферентних електролітів та величини рН. Застосування ПАР для регулювання основних технологічних властивостей промислових шлікерів. Взаємозв'язок в'язкості шлікеру та щільності відливки. Основні способи шлікерного лиття. Лиття в пористі форми, електрофоретичний спосіб формування відливки, лиття з термопластичних шлікерів.
10	10 тиждень	Лекція 10. Елементи теорії міцності дисперсних структур Пружна поведінка ідеальних кристалів. Модуль Юнга, об'ємний модуль пружності, модуль зсуву. Застосування тензорного аналізу для характеристики деформаційної поведінки монокристалів. Зворотні та незворотні деформації. Енергія деформації. Деформаційний процес в дисперсних структурах глобулярного типу. Орієнтовна оцінка міцності дисперсних структур за Є.Д. Щукіним. Міцність одиничних контактів в дисперсних структурах. Міцність одиничних коагуляційних контактів. Первинний (ближній) потенційний мінімум за теорією ДЛФО. Глибина первинного потенційного мінімуму. Складна константа Гамакера. Вплив ПАР на формування коагуляційних контактів. Міцність одиничних конденсаційних контактів. Міцність одиничних кристалізаційних контактів.
11	11 тиждень	Лекція 11. Еволюція одиничних контактів в основних технологічних процесах виробництва кераміки Особливості переходу коагуляційних контактів в конденсаційні і кристалізаційні при сушці і випалі. Порівняльна характеристика структурно-механічних властивостей коагуляційних, конденсаційних та кристалізаційних контактів.
12	12 тиждень	Лекція 12. Структурно-механічна класифікація дисперсних структур. Класифікація форм води в керамічних системах. Поняття про зв'язану воду. Теплота змочування. Правило А.В. Думанського. Адсорбційно зв'язана та структурна вода в силікатах. Енергія видалення різних форм води при сушці керамічних мас. Формування кристалізаційних контактів при випалі.
13	13 тиждень	Лекція 13. Структурно-механічні характеристики силікатних дисперсних систем. Повна реологічна крива структурованої дисперсної системи. Особливості реологічної поведінки глинистих керамічних мас. Реологічна поведінка пластичних та напівсухих мас. Оптимізація технологічного процесу пластичного та напівсухого пресування. Класифікація дисперсних систем за їх структурно – механічними властивостями. Структурно – механічні типи за С.П. Ничипоренко.

1 4	14 тиждень	Лекція 14. Класифікація хімічних методів. Класифікація хімічних методів. Іонний обмін. Роль геометричного фактору при іонному обміні. Розріднення суспензій. Кислотна активація. Селективне вилуговування компонентів при кислотній активації. Гідротермальна обробка. Процеси переосадження при гідротермальній обробці.
1 5	15 тиждень	Лекція 15. Використання ПАР. Класифікація ПАР за структурою. Катіонні ПАР (четвертинні амонієві сполуки). Аніонні ПАР (з карбоксилатними, сульфатними, сульфонатними і фосфатними групами). Неіонні ПАР (з поліефірними і полігідроксильними фрагментами). Міцелоутворення в системах з ПАР. Механізм впливу ПАР на фізико – механічні властивості твердих тіл. Формування адсорбційного бар'єру на твердій поверхні за участю ПАР. Структурно-механічні властивості молекулярного адсорбційного бар'єру і його роль в формуванні реологічних властивостей силікатних систем.
1 6	16 тиждень	Лекція 16. Ультразвукова обробка Потужність УЗ випромінювання. Конструкція УЗ генераторів. Механізм впливу УЗ на силікатні дисперсії. Інтенсифікація хімічних реакцій під впливом УЗ. УЗ обробка керамічних мас. Розріджувальна дія УЗ випромінювання.
1 7	17 тиждень	Лекція 17. Механохімічна активація Механохімія (трибохімія) – як розділ фізичної хімії. Послідовність процесів, що мають місце при помелі твердих тіл. Генерація вільних радикалів при помелі. «Магма – плазма» модель механохімічних процесів. Ефект адсорбційного пониження міцності твердих тіл (ефект Ребіндера). Поняття про механохімічне модифікування поверхні. Модифікування кремнійорганічними сполуками. Механохімія полімерів. Механохімічні реакції неорганічних речовин.
1 8	18 тиждень	Лекція 18. Підсумкове заняття. Обговорення результатів навчання згідно РСО. Проведення семестрового контролю (Залік).

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає підготовку до модульної контрольної роботи (МКР), підготовку до написання домашньої контрольної роботи та заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до написання модульної контрольної роботи	15 годин
Повторення лекційного матеріалу та опрацювання тем для самостійного опрацювання	33 годин
Підготовка до написання домашньої контрольної роботи	15 годин
Підготовка до заліку	15 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції та лабораторні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та лабораторних занять є обов'язковим.

Політика дедлайнів та перескладань: визначається п. 8 Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського

Політика щодо академічної доброчесності: визначається політикою академічної чесності та іншими положеннями Кодексу честі університету.

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

Види контролю встановлюються відповідно до Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського:

1. Поточний контроль: МКР, РГР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: усний екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

Стартова складова – 50 балів:

- модульну контрольну роботу (МКР) – 15 балів;
- РГР – 14 балів;
- захист лабораторних робіт – 21 балів.

Екзамен:

- Усний екзамен – 50 балів.

2. Критерії нарахування балів.

- 2.1. Модульна контрольна робота оцінюється у 15 балів:

- «Відмінно» — дається повна відповідь на запитання (не менше 90% потрібної інформації) — 14–15 балів;
- «Добре» — достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями — 12–13 балів;
- «Задовільно» — неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки — 9–11 балів;
- «Незадовільно» — відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» — 0–8 балів.

- 2.2. РГР оцінюється у 14 балів за такими критеріями:

- «Відмінно» — повністю правильне виконання і оформлення роботи (не менше 90% потрібної інформації) — 13–14 балів;
- «Добре» — правильне виконання з незначними відхиленнями в оформленні або змісті (не менше 75% потрібної інформації) — 11–12 балів;
- «Задовільно» — робота містить основні положення, але є пропуски й помилки (не менше 60% потрібної інформації) — 9–10 балів;
- «Незадовільно» — завдання не виконане або обсяг/якість роботи менші за вимоги до «задовільно» — 0–8 балів.

- 2.3. Захист лабораторних робіт відбувається шляхом написання загального тесту, питання якого відповідають контрольним питанням або питанням за темою кожної з лабораторних робіт та оцінюється у 21 бал за такими критеріями:

- «Відмінно» — дається правильна відповідь на запитання (не менше 90% потрібної інформації) — 19–21 балів;
- «Добре» — частково правильна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями — 16–18 балів;
- «Задовільно» — неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки — 13–15 балів;
- «Незадовільно» — відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» — 0–12 балів.

- 2.3. Екзамен оцінюється у 50 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з трьох запитань з переліку, що наданий у додатку до робочої програми.

- «Відмінно» — повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування — 45–50 балів;
- «Добре» — достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», або незначні неточності — 38–44 бали;
- «Задовільно» — неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня, з деякими помилками — 30–37 балів;
- «Незадовільно» — відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» — 0–29 балів.

3. Умовою позитивного першого календарного контролю (атестації) є отримання не менше 27 балів, другого — не менше 45 балів за умови зарахування РГР (реферату/презентації). Умовою допуску до екзамену є сума балів стартової шкали не менше 28 балів.

4. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, за умови зарахування РГР (реферату/презентації) та оцінка за екзамен переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею (п.6). Якщо сума балів менша за 60, але РГР зараховано, здобувач виконує додаткову контрольну роботу для підвищення оцінки.

5. Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може перескладати модульну контрольну роботу один раз. РСО доводиться до відома здобувачів на першому занятті; зміни в РСО протягом семестру не допускаються, крім випадків, передбачених [Положенням](#) (п.3.7).

6. Таблиця переведення рейтингових балів до оцінок:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
РГР не зараховано	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік запитань до МКР, ДКР та для екзамену наведені у відповідному Google Classroom «Фізико-хімія процесів в сучасних технологіях кераміки та скла».

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри хімічної технології кераміки та скла:

к.х.н. Пилипенком І.В.

Ухвалено кафедрою хімічної технології кераміки та скла (протокол № 3 від 08 жовтня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 1 від 18 вересня 2025 р.)