



**Фізична хімія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів**  
**Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Перший (бакалаврський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Для всіх освітньої програми «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Вибіркова</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>Очна (денна) / змішана</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>3 курс, весняний семестр</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>4 кредитів</i>
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	<i>Залік</i>
<b>Розклад занять</b>	<i>Лекція 2 години на тиждень (1 пара), лабораторний практикум 4 години раз на два тижні (за розкладом на rozklad.kpi.ua )</i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	<i>Лектор: -к.т.н., доц. Племянніков Микола Миколайович, <a href="mailto:plemja46@gmail.com">plemja46@gmail.com</a> -к.т.н., ст..викл. Жданюк Наталія Василівна, <a href="mailto:zhdanyukn.kpi@gmail.com">zhdanyukn.kpi@gmail.com</a> Лабораторні заняття: -к.т.н., ст.викл. Жданюк Наталія Василівна <a href="mailto:zhdanyukn.kpi@gmail.com">zhdanyukn.kpi@gmail.com</a></i>
<b>Розміщення курсу</b>	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); <a href="https://classroom.google.com/c/OTE0MjYwNDg2MTFa">https://classroom.google.com/c/OTE0MjYwNDg2MTFa</a>, доступ за запрошенням викладача</i>

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

Курс "Фізична хімія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів" є вибірковою дисципліною при підготовці студентів, що навчаються за спеціальністю "Хімічні технології та інженерія". Він містить теоретичні основи для подальшого вивчення спеціальних фахових дисциплін за спеціалізацією «хімічні технології кераміки і скла». За своєю суттю цей курс є, фактично, теоретичними основами сучасного матеріалознавства. Він надає теоретичні засади для керованого синтезу багатьох неорганічних неметалевих матеріалів.

Удосконалення технологічних процесів в промисловості, в тому числі хімічної, будівельних матеріалів та інших, вимагає розширення асортименту і створення нових видів матеріалів з особливими властивостями, зокрема на основі силікатів і інших тугоплавких неметалевих сполук. До них відносяться надвогнетривкі, високоміцні, термостійкі і зносостійкі матеріали, що працюють в екстремальних умовах, типу оксидної і безкисневої кераміки, спеціальні види стекол, швидкотвердіючі і високоміцні в'язучі та інше.

Великі успіхи в цьому напрямку, що досягнуті останнім часом, стали можливі завдяки швидкому розвитку відповідної наукової бази - теоретичним та експериментальним дослідженням в області фізико-хімії силікатів і інших тугоплавких неметалевих сполук. Фізична хімія силікатів є самостійною дисципліною, яка традиційно включає в себе розділи, присвячені вченню про фазові рівноваги і діаграми стану гетерогенних систем, будову і властивості силікатів в різних станах, а також процеси, що обумовлюють формування силікатних продуктів при високотемпературному синтезі.

В даному курсі крім силікатів розглянуті деякі тугоплавкі несилікатні сполуки типу оксидів, карбідів, боридів, нітридів, силіцидів. Крім того, наголошено на найбільш важливі для технології силікатів і інших тугоплавких неметалевих сполук питання з позицій сучасних уявлень фізико-хімії.

У розділі про силікати та інші тугоплавкі сполуки в кристалічному стані велику увагу приділено розгляду поліморфізму і дефектів кристалічної решітки. Детально викладені сучасні погляди на будову і властивості розплавів силікатів і силікатів в склоподібного стані. З огляду на велике значення колоїдно-хімічних явищ для пояснення процесів, що відбуваються при синтезі кераміки, скла, гідратації і твердінні цементу, приділено увагу властивостями речовин в високодисперсному стані стосовно силікатних систем. Методологічно викладено розділ про фазові рівноваги і діаграми стану гетерогенних систем. При розгляді діаграм стану замість зазвичай прийнятого послідовного вивчення окремих типів діаграм стану спочатку описані всі основні елементи їх будови, а потім вже на прикладі окремих типів діаграм - правила роботи з ними. Подібний спосіб викладу дозволяє отримати більш цілісне уявлення про геометричні особливості діаграм стану і більш глибоко освоїти правила роботи з ними. В окремому розділі розглядаються теорії і закономірності основних процесів, які супроводжують високотемпературний синтез силікатів і інших тугоплавких неметалічних матеріалів, зокрема процесів твердофазових взаємодій, спікання, рекристалізації, кристалізації з рідкої фази.

**Предмет дисципліни:** Існуючі технології сучасного виробництва кераміки і скла і пошук методів їх удосконалення з метою одержання виробів з надзвичайними експлуатаційними властивостями

**Метою** дисципліни є формування у студентів здатностей:

- використовувати професійно профільовані знання й практичні навички в галузі неорганічної хімії для аналізу хімічних та хіміко-технологічних процесів;

- використовувати теоретичні знання термодинаміки, механізму передачі теплоти в тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалах й практичні навички для аналізу процесів та явищ при теплової обробці силікатних матеріалів та виробів.
- використовувати сучасні надбання світової науки про теплообмінні процеси і світового досвіду про сучасні тепло-енергетичні агрегати для пошуку можливостей інноваційного удосконалення існуючих технологій кераміки і скла;
- використовувати професійно профільовані знання в галузі неорганічної хімії, фізичної хімії, фізики, математики, теоретичних основ хімічної технології кераміки та скла, фізичної хімії тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів для моделювання інноваційних хіміко-технологічних процесів виробництва кераміки і скла;
- використовувати інформаційні технології для рішення експериментальних і практичних завдань у хімічних технологіях та інженерії.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

**ЗНАННЯ:**

- теоретичних основ технологічних процесів, що відбуваються у промислових умовах;
- основних перспектив оптимізації процесів термічної обробки силікатних матеріалів;
- сучасних методів хімічного і інструментального аналізу речовин і матеріалів;
- теорії будови кристалічних і склоподібних матеріалів;

**УМІННЯ:**

- вибирати хімічну систему і склад сировинної суміші для синтезу матеріалу з необхідними експлуатаційними властивостями;
- визначати усі термічні і фізико-хімічні параметри такого синтезу;
- використовувати сучасні методи хімічного і інструментального аналізу речовин і матеріалів;

**ДОСВІД:**

- планування технологічного процесу одержання тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів;
- проектування хімічного складу тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів;
- використання сучасних досягнень науки і технології;
- виконання необхідних технологічних розрахунків, вибору обладнання, аналізувати умови і режими його роботи.

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

Перелік дисциплін, знань та умінь, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни:

Загальна та неорганічна хімія	Теорія хімічного зв'язку
Фізична хімія	Теорія фазової рівноваги. Кінетика хімічних реакцій в твердій фазі. Ізобарно-ізотермічний потенціал як критерій імовірності перебігу хімічних перетворень
Прикладна хімія неорганічних керамічних матеріалів	Різновиди неорганічних керамічних матеріалів і їх використання в сучасній техніці.
Структурна хімія силікатів	Будова силікатів. Аморфний і кристалічний стан.
Поверхневі явища та дисперсні системи	Поняття про дисперсні системи. Ліюфільні і ліюфобні системи. Умови й способи одержання, методи очищення, молекулярно-кінетичні, електрокінетичні властивості колоїдних розчинів. Будова колоїдних часток.

Основи технології силікатних матеріалів	Сировинні матеріали і високотемпературні процеси виготовлення керамічних і склоподібних матеріалів.
Кристалохімія	Просторові групи. Трансляція. Трансляційні групи. Види симетрії. Сингонії. Класи кристалів. Решітки Браве.
Основи матеріалознавства тугоплавких сполук	Класифікація тугоплавких сполук. Оксидні та безоксидні сполуки. Властивості та використання тугоплавких сполук.
Фізика	Поняття про енергію, роботу. Теплові явища
Енерготехнологія хіміко-технологічних процесів у виробництві кераміки і скла	Ендо- і екзоперетворення в сировинних матеріалах. Кінетика хімічних реакцій.
Процеси та апарати хімічних виробництв 1	Технічна гідравліка. Основи теплопередачі. Теплообмінне обладнання.
Фізична хімія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів	Теорія фазової рівноваги. Будова речовини у скловидному стані.

Дисципліни, які базуються на результатах навчання: дисципліни циклу професійної підготовки, в рамках яких передбачена обробка та аналіз результатів експериментальних досліджень.

### 3. Зміст навчальної дисципліни

**Перелік розділів і тем всієї дисципліни.**

#### **РОЗДІЛ 1. ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СИЛІКАТНИХ СИСТЕМАХ**

##### **Тема 1. Основні принципи застосування діаграм**

Загальні поняття про діаграми стану. Вчення про фазові рівноваги. Основні поняття і визначення. Рівняння Клаузіуса-Клапейрона. Система з енантіотропним перетворенням. Система з монотропним перетворенням.

##### **Тема 2. Однокомпонентні системи.**

Діаграми стану і поліморфні перетворення. Система з енантіотропним перетворенням. Система з монотропним перетворенням. Кремнезем. Поліморфізм. Взаємні перетворення основних модифікацій  $\text{SiO}_2$ . Кристалічні модифікації кремнезему. Кварц. Кристобаліт. Надзвичайні форми кристалічного кремнезему. Аморфний кремнезем і його гідрати. Силікагель. Кварцове скло. Гідрати кремнезему.

##### **Тема 3. Двокомпонентні системи**

Графічна інтерпретація діаграм стану. Основні типи бінарних систем. Діаграма із звичайною евтектикою. Діаграми з утворенням проміжних сполук. Поліморфні перетворення. Явище ліквідації. Ізоморфізм. Основні типи бінарних систем. Діаграма із звичайною евтектикою. Діаграми з утворенням проміжних сполук. Поліморфні перетворення. Явище ліквідації. Ізоморфізм.

##### **Тема 4. . Реальні бінарні системи**

Бінарні системи на основі оксиду силіцію і оксидів натрію, калію, кальцію. Система  $\text{Na}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ . Система  $\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$ . Система  $\text{CaO}-\text{SiO}_2$ . Бінарні системи на основі оксиду силіцію і оксидів алюмінію, магнію. Система  $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ . Система  $\text{MgO}-\text{SiO}_2$ .

##### **Тема 5. Трикомпонентні системи**

Графо-аналітичні побудови в трикутнику Гіббса. Характерні прямі лінії трикутника. Правило важеля. Принцип центру мас (ваги). Принцип побудови діаграм стану трикомпонентних систем. Топографічні об'єкти трикомпонентних систем. Формалізовані правила і алгоритми

опрацювання діаграм.

**Тема 6. Застосування правил побудови шляхів кристалізації.**

Діаграма із звичайною евтектикою, з бінарною сполукою, що плавиться інконгруентно, з бінарною хімічною сполукою, що розкладається під час нагрівання у твердому стані, але у потрібній системі має поле первинної кристалізації, з бінарною і потрібною сполукою, що плавляться конгруентно, з потрібною сполукою, що плавиться інконгруентно. Ліквіація та поліморфізм у трикомпонентній системі.

**Тема 7 Топографічні об'єкти трикомпонентних систем**

Точки складів хімічних сполук. Єднальні прямі. Елементарні трикутники. Поля первинної кристалізації. Граничні криві конгруентні і інконгруентні. Нонваріантні (інваріантні) точки. Ізотерми. Ізотерми поліморфних перетворень. Области ліквіації. Формалізовані правила і алгоритми опрацювання діаграм. Правила для проведення кількісних обчислень.

**Тема 8. Система  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ .**

Особливості діаграми і характеристика потрібних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій вапняно-натрієвих силікатних стекел. Засоби перешкоджання кристалізації в системі  $\text{SiO}_2-\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}$ .

**Тема 9. Система  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ .**

Особливості діаграми і характеристика потрібних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій ситалів, кераміки, вогнетривів

**Тема 10 Система  $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ .**

Особливості діаграми і характеристика потрібних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій в'язучих речовин, кераміки, вогнетривів. Области складу різних силікатних матеріалів на цій діаграмі.

**РОЗДІЛ 2. СИЛІКАТИ ТА ІНШІ ТУГОПЛАВКІ НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ У КРИСТАЛІЧНОМУ СТАНІ**

**Тема 1. Дефекти кристалічної решітки**

«Атомні» дефекти. Тверді розчини. Тверді розчини заміщення. Тверді розчини впровадження. Тверді розчини вирахування.

**Тема 2. Структура силікатів у кристалічному стані**

Загальні відомості про структуру силікатів. Структурна класифікація силікатів і характеристика окремих типів їхніх структур. Структури силікатів із кремнекисневими мотивами кінцевих розмірів

**Продовження теми 2**

Структура силікатів із кремнекисневими мотивами нескінченних розмірів. Структури з одновимірними ланцюжками або стрічками з тетраедрів — ланцюжкові й стрічкові структури. Структури із двовимірними шарами з тетраедрів — шаруваті структури. Структури із тривимірним безперервним каркасом з тетраедрів  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  — каркасні структури.

**РОЗДІЛ 3. СИЛІКАТИ У СКЛОВИДНОМУ СТАНІ**

**Тема 1. Загальні характеристики склоподібного стану**

Термодинамічні аспекти склоподібного стану. Температурний інтервал силування. Будова скла. Теорії будови скла

**Тема 2. Властивості силікатних розплавів**

В'язкість. Поверхневий натяг. Кристалізаційна здатність скломаси. Ліквіаційні явища. Залежність від хімічного складу і температури.

**Тема 3. Властивості скла у твердому стані**

Механічні властивості ( густина, міцність, пружність), електричні властивості (електропровідність, опір, діелектричні втрати), термічні властивості (теплопровідність, термостійкість, хімічна стійкість).

**Тема 4. Склокристалічні матеріали**

Кристалізація, ліквідація. Гомогенні і гетерогенні утворення центрів кристалізації. Фактори, що впливають на процес кристалізації. Ріст кристалів із рідкої фази. Значення процесів кристалізації в технології силікатів..

#### **Тема 5. Оптичні властивості скла.**

Природа прозорості скла. Оптичні характеристики. Коефіцієнти заломлення і дисперсії. Коефіцієнти пропускання і поглинання світла. Забарвлення скла. Барвники. Механізми забарвлення. Спектральні характеристики. Кольори

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

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри хімічної технології кераміки та скла. Обов'язковою до вивчення є базова література, інші матеріали – факультативні. Розділи та теми, з якими студент має ознайомитись самостійно, викладач зазначає на лекційних та лабораторних заняттях.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

##### *Основна*

1. Гречанюк, В. Г. Фізична хімія і хімія силікатів: підручник / В.Г. Гречанюк. – К. : Кондор, 2006. – 434 с.
2. Казіміров, В. П. Рентгенографія кристалічних матеріалів: навч. посіб. [для студ. вищ. навч. закл.] / В. П. Казіміров, Е. Б. Русанов. – К. : ВПЦ «Київський університет», 2016. – 287с.
3. Крупа, О. А. Фізико-хімія та діаграми стану силікатних систем (Потрійні системи): методичні вказівки по вивченню дисципліни «Фізична хімія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів» / О. А. Крупа, М. М. Племянніков. – К. : КПІ, 1999. – 64 с.
4. Фізична хімія кремнезему і нанодисперсних силікатів: навч. Посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Б.Ю. Корнілович, О.Р. Андрієвська, М.М. Племянніков, Л.М. Спасьонова Л.М. – К. : «Освіта України», 2013. – 178 с.

##### *Допоміжна*

1. Інструментальні методи хімічного аналізу силікатних систем. Навчальний посібник / В. А. Свідерський [та ін.]. – К. : КПІ ім. Ігоря Сік., 2017. – 169 с.
2. Физическая химия силикатов / ред. А. А. Пащенко. – М. : Высшая шк., 1986. – 368 с.
3. Чумак В. Л. Фізична хімія / В. Л. Чумак, С. В. Іванов. – К. : Вид-во НАУ, 2007. – 648 с.
4. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла / Дж. Шелби. – М. : Мир, 2006. – 288 с.

#### **Інформаційні ресурси**

1. Дистанційний курс Google G Suite for Education. Режим доступу: Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance) <https://classroom.google.com/c/OTE0MjYwNDg2MTFa>; код курсу euhbbs0.

#### **Навчальний контент**

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

##### *Лекційні заняття*

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних робіт, практичних занять та розглядом ними питань, що виносяться на самостійну роботу. При читанні лекцій застосовуються засоби для відеоконференцій (Google Meet, Zoom тощо) та ілюстративний матеріал у вигляді презентацій, які розміщені на

платформі Sikorsky-distance. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Дата	Опис заняття
1	9 лютого 2023 р.	<b>РОЗДІЛ 1. ФАЗОВІ РІВНОВАГИ В СИЛІКАТНИХ СИСТЕМАХ</b> <b>Тема 1. Вчення про фазові рівноваги Основні поняття й визначення</b> Загальні поняття про діаграми стану. Вчення про фазові рівноваги. Основні поняття і визначення. Рівняння Клаузіуса-Клапейрона. Система з енантіотропним перетворенням. Система з монотропним перетворенням.
2	16 лютого 2023 р.	<b>Тема 2. Однокомпонентні системи</b> <b>Кристалічний кремнезем. Поліморфізм</b> Діаграми стану і поліморфні перетворення. Кремнезем. Поліморфізм. Взаємні перетворення основних модифікацій SiO <sub>2</sub> . Кристалічні модифікації кремнезему. Кварц. Кристобаліт. Надзвичайні форми кристалічного кремнезему. Аморфний кремнезем і його гідрати. Силікагель. Кварцове скло. Гідрати кремнезему
3	23 лютого 2023 р.	<b>Тема 3. Двокомпонентні системи</b> Графічна інтерпретація діаграм стану. Основні типи бінарних систем. Діаграма із звичайною евтектикою. Діаграми з утворенням проміжних сполук. Поліморфні перетворення. Явище ліквідації. Ізоморфізм.
4	2 березня 2023 р.	<b>Тема 4. Реальні бінарні системи</b> Бінарні системи на основі оксиду силіцію і оксидів натрію, калію, кальцію. Система Na <sub>2</sub> O-SiO <sub>2</sub> . Система K <sub>2</sub> O-SiO <sub>2</sub> . Система CaO-SiO <sub>2</sub> . Бінарні системи на основі оксиду силіцію і оксидів алюмінію, магнію. Система Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -SiO <sub>2</sub> . Система MgO-SiO <sub>2</sub> .
5	9 березня 2023 р.	<b>Тема 5. Трикомпонентні системи</b> Графо-аналітичні побудови в трикутнику Гіббса. Характерні прямі лінії трикутника. Правило важеля. Принцип центру мас (ваги). Принцип побудови діаграм стану трикомпонентних систем. Топографічні об'єкти трикомпонентних систем. Формалізовані правила і алгоритми опрацювання діаграм.
6	16 березня 2023р.	<b>Тема 6. Застосування правил побудови шляхів кристалізації.</b> Діаграма із звичайною евтектикою, з бінарною сполукою, що плавиться інконгруентно, з бінарною хімічною сполукою, що розкладається під час нагрівання у твердому стані, але у потрібній системі має поле первинної кристалізації, з бінарною і потрібною сполукою, що плавляється конгруентно, з потрібною сполукою, що плавиться інконгруентно. Ліквідація та поліморфізм у трикомпонентній системі.
7	23 березня 2023 р.	<b>Тема 7 Топографічні об'єкти трикомпонентних систем</b> Точки складів хімічних сполук. Єднальні прямі. Елементарні трикутники. Поля первинної кристалізації. Граничні криві конгруентні і інконгруентні. Нонваріантні (інваріантні) точки. Ізотерми. Ізотерми поліморфних перетворень Области ліквідації Формалізовані правила і алгоритми опрацювання діаграм. Правила для проведення кількісних обчислень .

8	30 березня 2023 р.	<b>Тема 8. Система <math>\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2</math>.</b> Особливості діаграми і характеристика потрібних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій вапняно-натрієвих силікатних стекел. Засоби перешкоджання кристалізації в системі $\text{SiO}_2-\text{CaO}-\text{Na}_2\text{O}$ .
9	6 квітня 2023 р.	<b>Тема 9. Система <math>\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2</math>.</b> Особливості діаграми і характеристика потрібних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій ситалів, кераміки, вогнетривів
10	13 квітня 2023 р.	<b>Тема 10 Система <math>\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2</math>.</b> Особливості діаграми і характеристика потрібних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій в'язучих речовин, кераміки, вогнетривів. Области складу різних силікатних матеріалів на цій діаграмі.
11	20 квітня 2023 р.	<b>РОЗДІЛ 2. СИЛІКАТИ ТА ІНШІ ТУГОПЛАВКІ НЕМЕТАЛЕВІ МАТЕРІАЛИ У КРИСТАЛІЧНОМУ СТАНІ</b> <b>Тема 1. Дефекти кристалічної решітки</b> «Атомні» дефекти. Тверді розчини. Тверді розчини заміщення. Тверді розчини впровадження. Тверді розчини вираховання.
12	27 квітня 2023 р.	<b>Тема 2. Структура силікатів у кристалічному стані</b> Загальні відомості про структуру силікатів. Структурна класифікація силікатів і характеристика окремих типів їхніх структур. Структури силікатів із кремнекисневими мотивами кінцевих розмірів
13	4 травня 2023 р.	<b>Продовження теми 2</b> Структура силікатів із кремнекисневими мотивами нескінченних розмірів. Структури з одновимірними ланцюжками або стрічками з тетраедрів <sup>-</sup> — ланцюжкові й стрічкові структури. Структури із двовимірними шарами з тетраедрів <sup>-</sup> — шаруваті структури. Структури із тривимірним безперервним каркасом з тетраедрів $[\text{SiO}_4]^{4-}$ — каркасні структури.
14	11 травня 2023 р.	<b>РОЗДІЛ 3. СИЛІКАТИ У СКЛОВИДНОМУ СТАНІ</b> <b>Тема 1. Загальні характеристики склоподібного стану</b> Термодинамічні аспекти склоподібного стану. Температурний інтервал силювання. Будова скла. Теорії будови скла
15	18 травня 2023 р.	<b>Тема 2. Властивості силікатних розплавів</b> В'язкість. Поверхневий натяг. Кристалізаційна здатність скломаси. Ліквіаційні явища. Залежність від хімічного складу і температури.
16	25 травня 2023 р.	<b>Тема 3. Властивості скла у твердому стані</b> Механічні властивості (густина, міцність, пружність), електричні властивості (електропровідність, опір, діелектричні втрати), термічні властивості (теплопровідність, термостійкість, хімічна стійкість).
17	1 червня 2023 р.	<b>Тема 4. Склокристалічні матеріали</b> Кристалізація, ліквіація. Гомогенні і гетерогенні утворення центрів кристалізації. Фактори, що впливають на процес кристалізації. Ріст кристалів із рідкої фази. Значення процесів кристалізації в технології силікатів..
18	8 червня 2023 р.	<b>Тема 5. Оптичні властивості скла.</b> Природа прозорості скла. Оптичні характеристики. Коефіцієнти заломлення і дисперсії. Коефіцієнти пропускання і поглинання світла.



Лабораторний практикум

Метою лабораторного практикуму є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення навчальної дисципліни «Фізичної хімії тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів». Матеріал лабораторного практикуму спрямований на одержання досвіду моделювання фізико-хімічних процесів на лабораторних зразках з подальшою екстраполяцією на реальні вироби і технологічні процеси.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи	Години
1	Дилатометрія виробів зі скла, кераміки.	Визначення термічного коефіцієнта лінійного розширення скла та кераміки. Визначення температури відпалу і розм'якшення скла.	4 год.
3	Диференційний термічний аналіз силікатів.	Визначення екзо- і ендотермічних ефектів в сировинних сумішах. Констатація процесів плавлення, кристалізації тощо	4 год.
5	Термогравіметричний аналіз	Визначення зміни маси зразків природних сировинних матеріалів технології силікатів.	4 год.
7	Рентгено-фазовий аналіз силікатів	Констатація процесів мінералоутворення в силікатних матеріалах внаслідок їх термічної обробки	4 год.
9	Інфрачервона спектроскопія силікатів.	Визначення типу хімічних зв'язків в силікатних матеріалах, наявності певних атомних угруповань.	4 год.
11	Варка скла різної палітри забарвлення.	Визначення кольору скла при іонному, молекулярному або колоїдному забарвленні.	4 год.
13	Гідрофобізація матеріалів	Нанесення гідрофобних плівок на силікатні матеріали та вимір крайового кута змочування	4 год.
15	Визначення питомої поверхні дисперсних матеріалів	Визначення ступеню дисперсності і питомої поверхні сипучих матеріалів	4 год.
17	Відпал та загартування скла.	Поляриметричне дослідження залишковим напружень у відпаленому та загартованому склі	4 год.
		Всього:	36 год.

**6. Самостійна робота студента**

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу, оформлення протоколів і звітів з лабораторного практикуму, виконання розрахункової роботи, підготовка до захисту практичних завдань та розрахункової роботи,

підготовка до екзамену. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, складання попередніх варіантів програм для проведення розрахунків на заняттях, оформлення звітів з лабораторних практикумів	3 – 4 години на тиждень
Виконання розрахунково-графічної роботи	10 годин
Підготовка до МКР, ДКР (повторення матеріалу)	8 годин
Підготовка до заліку	4 годин

## Політика та контроль

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

У звичайному режимі роботи університету лекції, лабораторні і практичні заняття проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні практикуми – у кафедральних лабораторіях. У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій, практичних занять та лабораторних практикумів є обов'язковим.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів. Перед початком чергової теми лектор може надсилати питання із застосуванням інтерактивних засобів з метою визначення рівня обізнаності здобувачів за даною темою та підвищення зацікавленості.

Правила захисту лабораторних практикумів та розрахункової роботи:

1. До захисту допускаються студенти, які правильно виконали розрахунки (при неправильно виконаних розрахунках їх слід усунути).
2. Захист відбувається за графіком, зазначеним у п.5 за індивідуальними завданнями.
3. Після перевірки завдання викладачем на захист виставляється загальна оцінка і робота вважається захищеною.
4. Несвоєчасні захист і виконання роботи без поважної причини штрафуються відповідно до правил призначення заохочувальних та штрафних балів.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів:

1. Несвоєчасне виконання лабораторного практикуму без поважної причини штрафується 1 балом;
2. Несвоєчасний захист роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
3. За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).
4. За модернізацію робіт нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
5. За виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни нараховується від 1 до 6 заохочувальних балів;
6. За активну роботу на лекції нараховується до 1 заохочувального балу (але не більше 15 балів на семестр).

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: експрес-контроль під час читання лекцій, на лабораторних практикумах, МКР, захист ДКР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: залік.

### **Рейтингова система оцінювання результатів навчання**

**1. Рейтинг студента** з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали.

Рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- активну участь впродовж лекційних занять (експрес-контроль);
- роботу на лабораторних роботах (9 тем занять);
- написання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахункової роботи (ДКР).

## **2. Критерії нарахування балів:**

### **2.1. Робота впродовж лекційних занять**

Експрес-контроль – 5 балів за 1 заняття (3 контролю - максимум 15 балів). Абсолютно правильна відповідь – 5 балів. Відповідь має помилки, неточності – бал може бути знижений: 4, 3, 2, 1, 0

**2.2. Робота на лабораторних роботах** (8 лабораторних робіт, максимум 5 балів за роботу, всього 40 балів):

- бездоганно виконана робота – 5 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 3-4 бали;
- є суттєві недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 1-2 бал.

Робота не виконана або не захищена – 0 балів.

### **Виконання роботи:**

- робота виконана повністю і вірно протягом відведеного часу – 5 бали;
- робота виконана майже повністю і вірно протягом відведеного часу або має не принципові неточності – 2-4 бали;
- робота виконана більше ніж наполовину протягом відведеного часу – 1 бал;
- робота виконана протягом відведеного часу менше, ніж наполовину, результати роботи містять грубі помилки, відсутність виконання роботи – 0 балів.

**2.3. Модульна контрольна робота** (максимум – 30 балів):.

Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- якісно виконана робота (не менше 90% потрібної інформації) – 25-30 балів;
- добре виконана робота (не менше 75% потрібної інформації) – 11-24 балів;
- задовільно виконана робота (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 1-10 балів;

- невиконана робота або виконано із значними помилками (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

#### 2.4. Розрахункова робота (ДКР).

Ваговий бал –15 балів. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- творчо виконана робота, виконані всі вимоги до роботи – 7-9 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 3-6 балів;
- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 1-2 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

3. Умовою отримання позитивної оцінки з календарного контролю є виконання всіх запланованих на цей час робіт (на час календарного контролю). На першому календарному контролі (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів. На другому календарному контролі (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 40 балів і зарахована розрахункова робота.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 100 балів:

$$RC = r_{лек} + r_{лаб} + r_{мкр} + r_{дкр} = 15 + 40 + 30 + 15 = 100 \text{ балів}$$

Умовою для отримання заліку є зарахування всіх лабораторних практикумів, написання МКР, виконання та захист розрахункової роботи.

Якщо сума рейтингових балів менше 60, то студент має право написати залікову контрольну роботу.

Система оцінювання буде наступною:

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)

Вимоги до оформлення розрахункової роботи, перелік запитань до МКР та екзамену наведені у Google Classroom «Фізична хімія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів

- (платформа Sikorsky-distance), <https://classroom.google.com/c/OTE0MjYwNDg2MTFa>.
- Перелік матеріалів, якими дозволено користуватись під час екзамену: Періодична таблиця хімічних елементів, Таблиці термодинамічних констант, діаграми стану систем, що містять SiO<sub>2</sub>

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

Складено викладачами кафедри хімічної технології кераміки та скла:

доц., к.т.н. Племянніковим М.М., ст.вickl., к.т.н. Жданюк Н.В.

Ухвалено кафедрою ХТКС (протокол № 15 від 29.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 1 від 23.06.2022 р.)