



Ефективні матеріали і технології їх синтезу у сучасному склознавстві

Робоча програма освітнього компонента (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 та інженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>8,0 кредитів /240 годин (лекційні заняття – 36 годин, лабораторні заняття – 36 годин, СРС – 78 годин)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен письмовий / МКР, ДКР</i>
Розклад занять	<i>Лекція - 2 години раз на тиждень (1 пара), лабораторні заняття раз на два тижні (дві пари) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., ст. викладач Жданюк Наталія Василівна, zhdanyukn.kpi@gmail.com Лабораторні заняття: к.т.н., доц. Яценко Артем Павлович, a.yatsenko@kpi.ua.</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); https://classroom.google.com/c/NzExNTMxMDMyMjMz код курсу - ch3awbr</i>

Програма освітнього компонента

1. Опис освітнього компонента, його мета, предмет вивчення та результати навчання

Склоподібні матеріали – це неорганічні матеріали, які поєднують в собі склоподібну (аморфну) і кристалічну фазу. Варто розрізняти, так звані, функціональні і конструктивні матеріали. Функціональні матеріали протягом останніх десятиліть є предметом активного вивчення. Виявилися їх величезні потенційні можливості, що базуються на її унікальних діелектричних, феро-, пьезо- і піроелектричних, магніторезистивних, іонних, електронних, надпровідних, електрооптичних, газочутливих властивостях.

Проводяться також інтенсивні дослідження конструкційних матеріалів. Термічна, хімічна і механічна стабільність багатьох оксидних і не оксидних систем відкриває нові можливості конструювання мікроструктури і контролю над дефектами. Очікується досягнення унікальних характеристик міцності таких матеріалів в поєднанні з високою надійністю.

Крім того, поєднання термічних, ізоляційних і механічних властивостей робить перспективним використання таких матеріалів в мікроелектроніці і силових

напівпровідникових пристроях. Вони відіграють вирішальну роль в перетворенні енергії, моніторингу навколишнього середовища, інформаційних технологіях, авіаційній і космічній техніці, енергетиці, транспортних системах, медицині і багатьох виробничих технологіях. Є підстави припускати, що відмінності між функціональними та конструкційними матеріалами будуть стиратися при подальшій розробці "розумних" матеріалів, нано- та біокераміки.

Дослідження в цій області в найближчому майбутньому будуть спрямовані на: розробку наукових основ технологічних процесів отримання і обробки матеріалів і виробів, їх мініатюризацію; створення нових матеріалів з високими характеристиками, яке базується на управлінні структурою на атомному рівні і використанні недорогих, екологічно чистих методів синтезу. Очікується, що нові матеріали з незвичними властивостями знайдуть широке застосування в електроніці, фотоніці, лазерній і записуючій техніці, дисплеях, інфрачервоних детекторах і т. п.

Створення нових композиційних матеріалів відкриває перспективу підвищення функціональності і надійності матеріалів. Такі "розумні" комбінації кераміки зі склом можуть мати властивості, які значно перевищують такі у існуючих нині матеріалів, і значно розширити використання таких композитів як для конструкційних, так і для функціональних застосувань; розробку нанотехнологій і мініатюризацію, розширення досліджень на мезо- і нанорівнях, які матимуть надзвичайну важливість протягом найближчого десятиліття. Очікується, що зменшення розміру елементів мікроструктури кераміки і керамічних композитів дозволить відкрити цілий ряд досі невідомих явищ, які, в свою чергу, створять нові області застосування матеріалів (сенсори, біоматеріали і т. п.); розробку методів з'єднання кераміки з іншими матеріалами.

Предмет дисципліни: удосконалення технології сучасного матеріалознавства в області склоподібних матеріалів з метою одержання виробів з надзвичайними експлуатаційними властивостями.

Метою дисципліни є надання здобувачам знань та вмінь у розробці сучасних стекол та керамічних матеріалів, пошуку можливостей інноваційного удосконалення існуючих технологій, а також матеріалів моделювання новітніх хіміко-технологічних процесів виробництва скла.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні спеціальні (фахові) компетентності:

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні спеціальні (фахові) компетентності: (ФК 01) Здатність досліджувати, класифікувати і аналізувати показники якості хімічної продукції, технологічних процесів і обладнання хімічних виробництв; (ФК 02) Здатність організовувати і управляти хіміко-технологічними процесами в умовах промислового виробництва та в науково-дослідних лабораторіях з урахуванням соціальних, економічних та екологічних аспектів; (ФК 07) Здатність використовувати сучасні методи досліджень, проводити наукові експерименти та вирішувати актуальні технічні задачі в області хімічних технологій та інженерії.

Вивчення освітнього компоненту посилює наступні програмні результати навчання: (ПРН 02) Здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію; (ПРН 07) Здійснювати у науково-технічній літературі, патентах, базах даних, інших джерелах пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, і аналізувати та оцінювати відповідну інформацію; (ПРН 12) Вміти застосовувати методи і підходи передових досліджень в сфері хімічних технологій та інженерії.

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

Пререквізити: знання у хімічній технології та інженерії на бакалаврському рівні за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія».

Постреквізити: набуті знання та вміння можуть знадобитися для вирішення проблем в сфері хімічних технологій та розробки технологічних показників одержання та практичного застосування нових склоподібних матеріалів у технологіях кераміки та скла.

3. Зміст освітнього компонента

Розділ 1. Фізико-хімічні засади процесів склоутворення.

1.1. Склоподібний стан речовини. Структурні теорії склоутворення. Особливості будови скла. Критерії склоутворення. Кінетичні теорії склоутворення.

Розділ 2. Роль елементів періодичної системи в утворенні ефективних склоподібних матеріалів

2.1. Силікатні системи

Кварцові стекла. Структура кварцового скла. Властивості. Характер хімічних зв'язків. Розподіл валентних кутів. Питомий об'єм і коефіцієнт термічного розширення. В'язкість. Кристалізація. Механічні властивості.

Силікатні стекла. Оксиди лужних металів в силікатному склі. Области склоутворення. Властивості скла. Хімічна стійкість. Розчинне скло. Силікатний модуль. Правило радіуса. Полілужний ефект. Ступінь деполімеризації тривимірного силіцій-оксигенового каркаса. Гідроген в силікатному склі. Елементи II групи таблиці Менделєєва Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd і Pb (2+). Роль лужноземельних елементів (Mg, Ca). Ефект «придушення». Оксиди двовалентних металів побічної II групи

2.2. Системи на основі елементів III групи: бору (B) і аналогів (Al, Ga, In, Y, La)

Будова боратних стекел на основі бор-оксигенних трикутників. Бороксольні цикли, бороксольні групи. Перехід трикутників у тетраедри.

Ліквация в лужних боросилікатних стеклах Двофазні стекла в натрієвоборосилікатній системі Фізико-хімічні властивості натрієвоборосилікатних стекел. Пористі стекла.

Оксид алюмінію як скло утворювач. Алюмо-оксигенні тетраедри. Алюмо-боро-силікатні склоподібні системи. Роль оксидів лантану, ітрію, індію.

2.3. Системи на основі елементів IV групи. (Ge, Ti, Zr, Sn, Hf)

Германатні стекла, Стійкість германатних стекел до іонізуючих випромінювань, Здатність поглинати рентгенівські промені й пропускати інфрачервоні промені.

Оксиди TiO₂, ZrO₂, SnO₂, HfO₂, як склоутворювачі. Здатність TiO₂ надавати силікатним стеклам напівпровідникові властивості. Одержання сегнетоелектриків на основі BaTiO₃. Двоокис цирконію – аналог TiO₂ в силікатних розплавах. Фаза, що глушить, тетрагональна форма ZrO₂ або циркон ZrSiO₄

2.4. Системи на основі елементів V групи (P, As, Sb, Bi)

Будова фосфатних стекел. Фосфати як глушителей скла. Фосфатні стекла – поглиначі інфрачервоного випромінювання. Теплозахисні стекла на основі фосфатних стекел.

Виска прозорість для ультрафіолетового випромінювання.

Властивість електретів фосфатних стекел – матеріалів, здатних накопичувати електричний заряд при опроміненні іонізуючим випромінюванням і втримувати його протягом тривалого часу. Арсен, стибій, вісмут. Можливість їх присутності у склі у двох ступенях окислювання: +3 і +5

2.5. Системи на основі елементів VI групи (S, Se, Te)

Халькогенідні стекла. Структурні моделі. Склади халькогенідних стекел в атомних співвідношеннях між компонентами. Висока прозорість для випромінювання в ближній інфрачервоній області, завдяки відсутності оксигену. Непрозорість у видимій області. Помітне пропускання починаючи з довжин хвиль більше 1 мкм. Зсув границі пропускання убик більш довгих

хвиль при переході від сульфідів до селенідів і телуридів. Область пропускання у системах GeAs-X- (де X = S, Se, Te): сульфідних при 111,5 мкм, -селенідних 115 мкм, -телуридних 1—20 мкм.

2.6. Системи на основі елементів VII групи (F, Cl, Br, J)

Застосування галогенів в якості освітлювачів. Застосування флюоридів в якості компонентів стекол і емалей. Введення флюору у вигляді сполук Na_3AlF_6 , Na_2SiF_6 , NaF , $(\text{NH}_4)\text{HF}_2$, CaF_2 та ін. для зниження в'язкості склоутворюючих розплавів. Специфічні властивості, що надає склу хлористий аргентум. Фотохромні процеси. AgCl як невід'ємний компонент фотохромних стекол. Галогенвміщуючі стекла – унікальний клас стекол з аніонною провідністю. Прозорість флюоридних стекол в інфрачервоному діапазоні. Границя пропускання флюоридних стекол. Флюор-берилатні стекла.

2.7. Системи з перехідними елементами змінної валентності (d- і f-елементами)

Фарбування стекол. Дихроїзмний ефект Фізичне знебарвлення стекол. Люмінесцентні стекла. Хімічний склад. Активатори люмінесценції: виготовлення і використання люмінесцентних стекол в сучасній техніці. Лазерні стекла. Генерація когерентного монохроматичного випромінювання стеклами. Хімічний склад стекол. Активні домішки. Вимоги до лазерних стекол. Виготовлення і використання в сучасній техніці. Лазерна обробка скляних виробів. Фотохромні стекла. Зміна пропускання і забарвленості скла в залежності від інтенсивності освітлення. Оборотно́сть процесу забарвлення-знебарвлення. Фізико-хімія процесів. Кінетика. Виготовлення фотохромних стекол. Хімічний склад. Застосування фотохромних стекол. Радіаційно-чутливі і радіаційно-стійкі стекла

Розділ 3. Вироби зі скла з надзвичайними властивостями

Тема 3.1. Склокристалічні матеріали — ситали. Кристалізаційна здатність розплавів стекол. Технологія ситалів. Проектування ситалів Вибір хімічного складу. Підбір каталізатора. Визначення режиму термообробки. Властивості та застосування ситалів. Прозора склокераміка з низьким тепловим розширенням. Світлочутлива склокераміка. Склокераміка для оптики. Оксифторидна та халькогенідна склокераміка. Склокераміка для біомедичних застосувань. Склокераміка для локалізації та утилізації відходів. Склокераміка для електроніки.

Тема 3.2. Оптичне скло. Оптичні стекла видимого діапазону. Стекла з надзвичайними оптичними характеристиками. Кольорові оптичні стекла. Сигнальні стекла. Барвники. Хімічний склад. Стекла для УФ- оптики. Спектри пропускання і поглинання. Виготовлення і застосування кварцового скла. Стекла для ІЧ-оптики. Кварцове скло серії КІ. ІЧ-оптика на основі халькогенідних стекол.

Волоконна оптика. Структура світловода. Явище багаторазового повного внутрішнього відбиття. Вимоги до скла світловодів. Методи виготовлення оптичного скловолокна.

Тема 3.3. Надміцне скло. Способи зміцнення скла: підвищення якості поверхні та створення у поверхневому шарі залишкових стискаючих напруг. Підвищення якості поверхні. Сутність методу. Механічне полірування. Вогневе полірування. Хімічне полірування. Створення залишкових стискаючих напружень. Емалювання. Вилуговування. Високотемпературний іонний обмін. Термічна кристалізація. Загартування. Іонообмінне зміцнення.

Бронескло. Дві технології виготовлення прозорої броні (бронь скла).

Тема 3.4. Технічні стекла особливого призначення

Хіміко-лабораторне скло. Термометричне скло. Медичне скло. Кварцове скло. Електровакуумне скло. Склоприпої (легкоплавкі стекла). Склокристалічні цементи.

Тема 3.5. Скло для іммобілізації радіоактивних відходів

Класифікація ядерних відходів. Скло як матеріал для іммобілізації радіоактивних відходів. Переваги методу оскловування. Вимоги виготовлення скла при помірно низьких температурах; толерантність скла до змін у складі відходів; прийнятна хімічна стійкість; радіаційна стійкість. Іммобілізація за допомогою розчинення нуклідів на атомному рівні в середині матричної решітки. Розчинність ядерних відходів.

Боросилікатне скло. Фосфатне скло. Хімічний склад. Стабільність та довговічність матеріалів на основі скла для іммобілізації радіоактивних відходів. Термічна стабільність Хімічна стійкість Довговічність скла. Технологія іммобілізації радіоактивних відходів.

Тема 3.5. Фізико-хімічні властивості і будова піноскла

Моделювання процесів спінювання. Промислове виготовлення виробів з піноскла

Розділ 4. Функціональні покриття на склі

Тема 4.1. Способи нанесення функціональних покриттів на скло

Піролітичне нанесення покриттів. Фізичне осадження з газової фази. Хімічне осадження з газової фази. Термічне розкладання (піроліз) або хімічні реакції з іншими газами (або парами). Реактивне осадження з газової (парогазової або парової) фази.

Вакуумне нанесення покриттів. Катодне розпилення. Магнетронне напилювання. Можливість розпилення металевих, діелектричних і напівпровідникових матеріалів.

Тема 4.2. Функціональні покриття: TiO_2 або SnO_2 . Багатофункціональність покриттів у технології листового скла (флоат-скло).

Тема 4.3. Енергозберігаюче скло. Самоочисне скло. Застосування технологій у будівництві.

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.

Базова:

1. Інноваційні технології у виробництві спеціального та побутового скла [Електронний ресурс] / М. М. Племянніков, А. П. Яценко, І. В. Пулипенко, Б. Ю. Корнілович // Київ. КПІ ім. І. Сікорського. – 2018. 298 с.-
2. Нові склоподібні матеріали і методи їх синтезу. Хімія склоподібних матеріалів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. Програмою «Хімічні технології неорганічних в'язучих речовин, кераміки, скла та полімерних і композиційних матеріалів» спец. 161 Хімічні технології та інженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. М. Племянніков, Н. В. Жданюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,14 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 79 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65151>
3. Нові склоподібні матеріали і методи їх синтезу. Склоподібні матеріали і виробн. Функціональні матеріали [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра за освіт. програмою «Хімічні технології неорганічних в'язучих речовин, кераміки, скла та полімерних і композиційних матеріалів» спец. 161 Хімічні технології та інженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М. М. Племянніков, Н. В. Жданюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,52 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 100 с. екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65150>

Додаткова:

4. Фізична хімія кремнезему і нанодисперсних систем / Б. Ю. Корнілович, О. Р. Андрієвська, М. М. Племянніков, Л. М. Спасьонова. – Київ: Освіта України, 2013. – 178 с.
5. Племянніков М. М. Хімія і технологія скла. Високотемпературні процеси / М. М. Племянніков, А. П. Яценко, Б. Ю. Корнілович. – Київ: Освіта України, 2015. – 183 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекційні заняття

Вичитування лекцій з дисципліни проводиться паралельно з виконанням студентами лабораторних робіт 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.

№	Опис заняття
1	<p>Розділ 1. Фізико-хімічні засади процесів склоутворення. 1.1. Склоподібний стан речовини. <u>Основні питання:</u> Структурні теорії склоутворення. Особливості будови скла. Критерії склоутворення. Кінетичні теорії склоутворення.</p>
2	<p>Розділ 2. Роль елементів періодичної системи в утворенні ефективних склоподібних матеріалів Тема 2.1. Силікатні системи. Кварцові стекла. <u>Основні питання:</u> Структура кварцового скла. Властивості. Характер хімічних зв'язків. Розподіл валентних кутів. Питомий об'єм і коефіцієнт термічного розширення. В'язкість. Кристалізація. Механічні властивості.</p>
3	<p>Силікатні стекла. <u>Основні питання:</u> Оксиди лужних металів в силікатному склі. Области склоутворення. Властивості скла. Хімічна стійкість. Розчинне скло. Силікатний модуль. Правило радіуса. Полілужний ефект. Ступінь деполімеризації тривимірного силіцій-оксигеного каркаса. Гідроген в силікатному склі. Елементи II групи таблиці Менделєєва Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Zn, Cd і Pb (2+). Роль лужноземельних елементів (Mg, Ca). Ефект «придушення». Оксиди двовалентних металів побічної II групи</p>
4	<p>Тема 2.2. Системи на основі елементів III групи: бору (B) і аналогів (Al, Ga, In, Y, La) <u>Основні питання:</u> Будова боратних стекел на основі бор-оксигенних трикутників. Борксольні цикли, борксольні групи. Перехід трикутників у тетраедри. Ліквіація в лужних боросилікатних стеклах Двофазні стекла в натрієвоборосилікатній системі Фізико-хімічні властивості натрієвоборосилікатних стекел. Пористі стекла. Оксид алюмінію як скло утворювач. Алюмо-оксигенні тетраедри. Алюмо-боро-силікатні склоподібні системи. Роль оксидів лантану, ітрію, індію.</p>
5	<p>Тема 2.3. Системи на основі елементів IV групи. (Ge, Ti, Zr, Sn, Hf) <u>Основні питання:</u> Германатні стекла, Стійкість германатних стекел до іонізуючих випромінювань, Здатність поглинати рентгенівські промені й пропускати інфрачервоні промені. Оксиди TiO₂, ZrO₂, SnO₂, HfO₂, як склоутворювачі. Здатність TiO₂ надавати силікатним стеклам напівпровідникові властивості. Одержання сегнетоелектриків на основі BaTiO₃. Двоокис цирконію – аналог TiO₂ в силікатних розплавах. Фаза, що глушить, тетрагональна форма ZrO₂ або циркон ZrSiO₄.</p>
6	<p>Тема 2.4. Системи на основі елементів V групи (P, As, Sb, Bi) <u>Основні питання:</u> Будова фосфатних стекел. Фосфати як глушителей скла. Фосфатні стекла – поглиначі інфрачервоного випромінювання. Теплозахисні стекла на основі фосфатних стекел. Виска прозорість для ультрафіолетового випромінювання. Властивість електретів фосфатних стекел – матеріалів, здатних накопичувати електричний заряд при опроміненні іонізуючим випромінюванням і втримувати його протягом тривалого часу. Арсен, стибій, вісмут. Можливість їх присутності у склі у двох ступенях окислювання: +3 і +5</p>
7	<p>Тема 2.5. Системи на основі елементів VI групи (S, Se, Te) <u>Основні питання:</u> Халькогенідні стекла. Структурні моделі. Склади халькогенідних стекел в атомних співвідношеннях між компонентами. Висока прозорість для випромінювання в ближній інфрачервоній області, завдяки відсутності кисню. Непрозорість у видимій області. Помітне пропускання починаючи з довжин хвиль</p>

	<p>більше 1 мкм. Зсув границі пропускання у бік більш довгих хвиль при переході від сульфідів до селенідів і телуридів. Область пропускання у системах GeAs-X- (де X = S, Se, Te): сульфідних при 111,5 мкм, -селенідних 115 мкм, -телуридних 1—20 мкм.</p>
8	<p>Тема 2.6. Системи на основі елементів VII групи (F, Cl, Br, I) <u>Основні питання:</u> Застосування галогенів в якості освітлювачів. Застосування флюоридів в якості компонентів стекел і емалей. Введення флюору у вигляді сполук Na_3AlF_6, Na_2SiF_6, NaF, $(NH_4)HF_2$, CaF_2 та ін. для зниження в'язкості склоутворюючих розплавів. Специфічні властивості, що надає склу хлористий аргентум. Фотохромні процеси. AgCl як невід'ємний компонент фотохромних стекел. Галогенвміщуючі стекла – унікальний клас стекел з аніонною провідністю. Прозорість флюоридних стекел в інфрачервоному діапазоні. Границя пропускання флюоридних стекел. Флюор-берилатні стекла.</p>
9	<p>Тема 2.7. Системи з перехідними елементами змінної валентності (d- і f-елементами). <u>Основні питання:</u> Фарбування стекел. Дихроїзмний ефект Фізичне знебарвлення стекел. Люмінесцентні стекла. Хімічний склад. Активатори люмінесценції: виготовлення і використання люмінесцентних стекел в сучасній техніці. Лазерні стекла. Генерація когерентного монохроматичного випромінювання стеклами. Хімічний склад стекел. Активні домішки. Вимоги до лазерних стекел. Виготовлення і використання в сучасній техніці. Лазерна обробка скляних виробів. Фотохромні стекла. Зміна пропускання і забарвленості скла в залежності від інтенсивності освітлення. Оборотної процесу забарвлення-знебарвлення. Фізико-хімія процесів. Кінетика. Виготовлення фотохромних стекел. Хімічний склад. Застосування фотохромних стекел. Радіаційно-чутливі і радіаційно-стійкі стекла</p>
10	<p>Розділ 3. Вироби зі скла з надзвичайними властивостями Тема 3.1. Склокристалічні матеріали — ситали. <u>Основні питання:</u> Кристалізаційна здатність розплавів стекел. Технологія ситалів. Проектування ситалів Вибір хімічного складу. Підбір каталізатора. Визначення режиму термообробки. Властивості та застосування ситалів. Прозора склокераміка з низьким тепловим розширенням. Світлочутлива склокераміка. Склокераміка для оптики. Оксифторидна та халькогенідна склокераміка. Склокераміка для біомедичних застосувань. Склокераміка для локалізації та утилізації відходів. Склокераміка для електроніки.</p>
11	<p>Тема 3.2. Оптичне скло. <u>Основні питання:</u> Оптичні стекла видимого діапазону. Стекла з надзвичайними оптичними характеристиками. Кольорові оптичні стекла. Сигнальні стекла. Барвники. Хімічний склад. Стекла для УФ- оптики. Спектри пропускання і поглинання. Виготовлення і застосування кварцового скла. Стекла для ІЧ-оптики. Кварцове скло серії КІ. ІЧ-оптика на основі халькогенідних стекел. Волоконна оптика. Структура світловода. Явище багаторазового повного внутрішнього відбиття. Вимоги до скла світловодів. Методи виготовлення оптичного скловолокна</p>
12	<p>Тема 3.3. Надміцне скло. <u>Основні питання:</u> Способи зміцнення скла: підвищення якості поверхні та створення у поверхневому шарі залишкових стискаючих напруг. Підвищення якості поверхні. Сутність методу. Механічне полірування. Вогневе полірування. Хімічне полірування. Створення залишкових стискаючих напружень. Емалювання. Вилуговування. Високотемпературний іонний обмін. Термічна кристалізація. Загартування. Іонообмінне зміцнення. Бронескло. Дві технології виготовлення прозорої броні (броні скла).</p>

13	Тема 3.4. Технічні стекла особливого призначення <u>Основні питання:</u> Хіміко-лабораторне скло. Термометричне скло. Медичне скло. Кварцове скло. Електровакуумне скло. Склоприпої (легкоплавкі стекла). Склокристалічні цементи.
14	Тема 3.5. Скло для іммобілізації радіоактивних відходів <u>Основні питання:</u> Класифікація ядерних відходів. Скло як матеріал для іммобілізації радіоактивних відходів. Переваги методу оскловування. Вимоги виготовлення скла при помірно низьких температурах; толерантність скла до змін у складі відходів; прийнятна хімічна стійкість; радіаційна стійкість. Іммобілізація за допомогою розчинення нуклідів на атомному рівні в середині матричної решітки. Розчинність ядерних відходів. Боросилікатне скло. Фосфатне скло. Хімічний склад. Стабільність та довговічність матеріалів на основі скла для іммобілізації радіоактивних відходів. Термічна стабільність Хімічна стійкість Довговічність скла. Технологія іммобілізації радіоактивних відходів.
15	Тема 3.5. Фізико-хімічні властивості і будова піноскла <u>Основні питання:</u> Моделювання процесів спінування. Промислове виготовлення виробів з піноскла
16	Розділ 4. Функціональні покриття на склі Тема 4.1. Способи нанесення функціональних покриттів на скло <u>Основні питання:</u> Піролітичне нанесення покриттів. Фізичне осадження з газової фази. Хімічне осадження з газової фази. Термічне розкладання (піроліз) або хімічні реакції з іншими газами (або парами). Реактивне осадження з газової (парогазової або парової) фази. Вакуумне нанесення покриттів. Катодне розпилення. Магнетронне напилювання. Можливість розпилення металевих, діелектричних і напівпровідникових матеріалів.
17	Тема 4.2. Функціональні покриття: TiO_2 або SnO_2. <u>Основні питання:</u> Багатофункціональність покриттів у технології листового скла (флоат-скло).
18	Тема 4.3. Енергозберігаюче скло. Самоочисне скло. <u>Основні питання:</u> Застосування технологій у будівництві.

Лабораторні заняття

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань, отриманих на лекціях та в процесі самостійної роботи з літературними джерелами в ході вивчення навчальної дисципліни. Матеріал лабораторного практикуму спрямований на одержання досвіду варки стекел заданого складу і дослідження їх фізико-хімічних властивостей.

№	Тема	Опис запланованої роботи
1	Лабораторна робота № 1 Класифікація стекел та скловиробів	<u>Мета:</u> Класифікувати вироби зі скла і ситалів на групи за технічними властивостями та галузями застосування. розділити на групи за призначенням та галузі застосування. Залежно від типу склоутворюючих компонентів, користуючись даними літератури, поділити стекла на види, вказати можливий хімічний склад. З фізико-хімічних властивостей скла, за даними літератури, виділити показники, що визначають основні експлуатаційні показники скла або скловиробів, що класифікують.
2		Захист роботи
3	Лабораторна робота № 2 Технологічні процеси при	<u>Мета:</u> Основні сировинні матеріали. Принципи вибору сировинних матеріалів для варіння скла різного

	виробництві скло матеріалів Сировинні матеріали для виробництва скла	призначення. Допоміжні сировинні матеріали. Підготовка сировинних матеріалів. Подрібнення, сушіння, просів сировинних матеріалів та відбір необхідної фракції.
4		Захист роботи
5	Лабораторна робота № 3 Технологічні процеси при виробництві скло матеріалів	<u>Мета:</u> Приготування шихти. Показники якості шихти. Варіння скла. Види вад скловаріння і джерела їх походження. Лабораторне обладнання для варки скла. Особливості варки стекол різного складу та призначення.
6	Приготування шихти та варіння скла	Захист роботи
7	Лабораторна робота № 4 Дослідження оптичних характеристик склоподібних матеріалів	<u>Мета:</u> Дослідження здійснюються на спектрофотометрі СФ-46. Аналізується спектр пропускання у видимому діапазоні 0,4-0,8 мкм. За одержаними результатами обчислюється коефіцієнт поглинання стекол. Аналізується колір забарвлення.
8		Захист роботи
9	Лабораторна робота № 5 Синтез та дослідження властивостей комірчастого скла.	<u>Мета:</u> Комірчасте скло. Підготовка сировинних матеріалів. Підготовка форм для піноскла. Лабораторне обладнання для отримання комірчастого скла. Особливості термічної обробки та формування комірчастої структури скла.
10		Захист роботи
11	Лабораторна робота № 6 Синтез скловидної матриці для іммобілізації радіоактивних відходів	<u>Мета:</u> Вибір хімічного складу скла. Розрахунок шихти. Оцінка експлуатаційних властивостей скла. Варка скла для Синтез скловидної матриці для іммобілізації радіоактивних відходів.
12		Захист роботи
13	Лабораторна робота № 7 Нанесення емалевих покриттів на металеві поверхні.	<u>Мета:</u> Емалеві покриття металів. Підготовка сировинних матеріалів. Підготовка поверхні металу. Лабораторне обладнання для отримання емалевих покриттів. Особливості термічної обробки та формування склоподібного покриття на поверхні металу.
14		Захист роботи
15	Написання МКР.	Написання МКР
16		Захист робіт
17	Відпрацювання та захист лабораторних робіт	
18		

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	34 години

заняттях, оформлення звітів з лабораторних практикумів	
Виконання ДКР	10 годин
Підготовка до виконання МКР (повторення матеріалу)	4 години
Підготовка до екзамену	30 годин

Політика та контроль

7. Політика освітнього компонента

Складові рейтингу студента з освітнього компонента “Ефективні матеріали і технології їх синтезу у сучасному склознавстві»:

- 1) виконання експрес-контрольних (Google Forms та menti.com) на лекціях;
- 2) виконання та захист 7 лабораторних робіт.
- 3) написання МКР.
- 4) виконання ДКР.
- 5) відповідь на екзамені.

У звичайному режимі роботи університету лекції та лабораторні практикуми 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 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.

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, домашня контрольна робота (ДКР), лабораторний практикум.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
3. Семестровий контроль: екзамен.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з освітньої компоненти розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

1. **Робота під час лабораторних робіт:**

Максимальна кількість балів на усіх лабораторних заняттях дорівнює: **21 бал**. Лабораторна робота оцінюється в три етапи:

- допуск до лабораторної роботи;
- виконання лабораторної роботи;
- захист лабораторної роботи.

Загалом за лабораторну роботу можливо отримати 3 бали. Кількість лабораторних робіт – 7. 1ше лабораторне заняття вступне, на якому проводиться інструктаж з техніки безпеки, знайомство з обладнанням та методикою виконання лабораторних робіт. Останнє заняття передбачене на відпрацювання лабораторних робіт (не більше 2х), які не були виконані за графіком (за умови наявності поважних причин), на захист лабораторних робіт, які були виконані впродовж семестру та оформлення звіту з лабораторних робіт.

Критерії оцінювання:

Допуск до лабораторної роботи: максимально можна отримати 1 бал

1 бал: наявність протоколу лабораторної роботи з усіма необхідними розділами, безпомилкові відповіді на запитання викладача стосовно мети роботи, фізико-хімічних основ процесу, схеми лабораторної установки, порядку проведення роботи, техніки безпеки під час виконання роботи;

0,8 бала: наявність протоколу з незначними недоліками, вірні в цілому відповіді на запитання викладача з незначними недоліками;

0,6 бала: вірні відповіді на запитання після допомоги викладача або неповний протокол, який підлягає доповненню;

0 балів: відповіді на завдання викладача з помилками принципового характеру;

Виконання лабораторної роботи: максимально можна отримати 1 бал

1 бал: чітке, самостійне виконання лабораторної роботи, правильні основні та допоміжні розрахунки, отримання правильних результатів, здача лабораторного місця навчально-допоміжному персоналу;

0,8 бала: вірне в цілому виконання з незначними недоліками в оформленні, або помилковим виконанням окремих елементів роботи, здача лабораторного місця навчально-допоміжному персоналу;

0,6 бала: вірне виконання роботи після допомоги викладача або проведення роботи зі значущими помилками, які підлягають виправленню;

0 балів: неповне виконання лабораторної роботи або проведення роботи з грубими помилками, що не підлягають виправленню, а потребують переробки;

Захист лабораторної роботи: максимально можна отримати 1 бал

1 бал: охайно оформлений протокол лабораторної роботи з чіткими результатами експерименту та висновками, безпомилкові відповіді на контрольні запитання до лабораторної роботи;

0,8 бала: наявність протоколу з незначними недоліками, вірні в цілому відповіді на контрольні запитання з незначними невідповідностями;

0,6 бала: вірні відповіді на контрольні запитання після навідної допомоги викладача або неповністю оформлений протокол (нечіткі висновки, відсутність деяких розрахунків), який підлягає доповненню;

0 балів: неповні відповіді на контрольні запитання або неповний протокол, який підлягає доповненню.

2. Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал: 15. Критерії оцінювання МКР.

Виконання МКР передбачає проходження тесту Google Form на 30 питань (кожна правильна відповідь на питання в тесті оцінюється в 0,5 бала. Якщо всі відповіді на 30 питань тесту правильні, то МКР оцінюється в 15 балів, якщо у студента при тестуванні не всі правильні відповіді, то оцінювання МКР здійснюється шляхом додавання балів за всі правильні відповіді. МКР проводиться на 15му лабораторному занятті, після цього часу надіслати заповнену форму тесту буде неможливо, тобто автоматично МКР буде оцінено в 0 балів.

3. Домашня контрольна робота (ДКР) -ваговий бал – 14

Складається з теоретичної і практичної частин. Теоретична частина –підготовка літературного огляду по темі. Практична частина – розрахунки властивостей скла.

Критерії оцінювання

- творчо виконана робота, виконані всі вимоги до роботи – 14 балів;*
- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 12-13 балів;*
- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 9-11 балів;*
- роботу виконано з суттєвими помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і суттєві помилки – 6-8 балів;*
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.*

ДКР має бути подана у встановлений термін. При поданні ДКР на перевірку після закінчення семестру, студент не буде допущений до семестрового контрольного заходу, оскільки ДКР є обов'язковою складовою допуску.

Календарний контроль студентів

Календарний контроль студентів проводиться за значеннями поточного рейтингу студентів. Умова задовільного календарного контролю – рейтинг студента 50 % від максимально можливого на час проведення календарного контролю.

Перший календарний контроль (8 тиждень)

Максимально можливий рейтинг –10 балів. Для отримання «атестовано» студент повинен мати не менше ніж 5 балів.

Другий календарний контроль (14 тиждень)

Максимально можливий рейтинг – 20 балів. Для отримання «атестовано» студент повинен мати не менше ніж 10 балів.

Розрахунок шкали рейтингової оцінки з освітньої компоненти (RD):

Сума вагових балів контрольних заходів (Rc) протягом семестру складає:

$$R'C = \sum rk + \sum rs = 21 + 15 + 14 + \sum rs = 50 \text{ балів} + \sum rs;$$

$$RC = \sum rk = 50 \text{ балів.}$$

Екзаменаційна складова (RE) шкали дорівнює 50% від RD:

$$RE = 0,5 \times RC / (1 - 0,5) = 0,5 \times 50 / (1 - 0,5) = 50 \text{ балів.}$$

Таким чином, рейтингова шкала з освітньої компоненти складає

$$RD = RC + RE = 50 + 50 = 100 \text{ балів.}$$

Розмір шкали рейтингу $R = 100$ балів.

Розмір стартової шкали $RC = 50$ балів.

Розмір екзаменаційної шкали $RE = 50$ балів.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

В екзаменаційному білеті передбачено 3 питання, перші два – теоретичні, кожне з яких оцінюється у 15 балів, а питання 3, в якому потрібно зобразити схему процесу і обґрунтувати кожну стадію в ній, оцінюється у 20 балів.

Оцінювання 1го та 2го питань:

15 балів: повна і безпомилкова відповідь при наявності елементів продуктивного творчого підходу; демонстрація вміння впевненого застосування фундаментальних і фахових знань, бездоганне обґрунтування цієї відповіді;

14-13 балів: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 94%-85% розкриттям питання, відповідь ґрунтується тільки на матеріалах лекцій;

12-11 балів: взагалі вірна, але недостатньо повна та обґрунтована відповідь на запитання, з 84% - 75% розкриттям питання;

10 балів: взагалі вірна, але недостатньо повна відповідь на запитання зі помилками та зауваженнями принципового характеру, з 74% - 65% розкриттям питання з двома – трьома суттєвими помилками;

9 балів: взагалі вірна, але не повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 64% - 60% розкриттям питання;

0 балів: неповна відповідь з 50 % розкриттям питання; наявність принципових помилок;

Оцінювання 3го питання:

20 балів: повна і безпомилкове обґрунтування послідовності стадій очищення води в запропонованій схемі;

19-17 балів: достатньо повна і взагалі вірна відповідь з 94%-85% обґрунтування послідовності стадій очищення води в запропонованій схемі;

16-14 балів: взагалі вірна, але недостатньо повна та обґрунтована відповідь на запитання, з 84% - 75% обґрунтування послідовності стадій очищення води в запропонованій схемі;

13 балів: взагалі вірна, але недостатньо повна відповідь на запитання зі помилками та зауваженнями принципового характеру, з 74% - 65% обґрунтування послідовності стадій очищення води в запропонованій схемі з двома – трьома суттєвими помилками;

12 балів: взагалі вірна, але не повна відповідь на запитання зі значними помилками та зауваженнями принципового характеру, з 64% - 60% обґрунтування послідовності стадій очищення води в запропонованій схемі;

0 балів: неповна відповідь з 50 % розкриттям питання; наявність принципових помилок;

Відповідно до „Положення про організацію навчального процесу в КПІ ім. Ігоря Сікорського, необхідними умовами допуску до екзамену є написання МКР, виконання і зарахування всіх лабораторних робіт, отримання позитивної оцінки за ДКР (яка має бути не менше 60% від зазначеного в РСО, тобто 6 балів), а також стартовий рейтинг (r_c) не менше 60% від RC , тобто $r_c = 0,6 RC = 0,6 \times 50 = 30$ 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 освітнього компонента

Вимоги до оформлення домашньої контрольної роботи, перелік запитань на екзамен наведені у Google Classroom «Ефективні матеріали і технології їх синтезу у сучасному склознавстві».

<https://classroom.google.com/c/NzExNTMxMDMyMjMz> код курсу - ch3awbr

Зарахування окремих результатів, отриманих в межах неформальної освіти, здійснюється згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті <https://osvita.kpi.ua/node/179>

Силабус освітнього компонента

Складено викладачем кафедри хімічної технології кераміки та скла:

ст. викладач, к.т.н. Жданюк Н.В.,

доц., к.т.н. Яценко А.П.

Ухвалено кафедрою хімічної технології кераміки та скла (протокол № 16 від 28.06.2024 р.).

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 21.06.2024 р.).