



КРИСТАЛОХІМІЯ НАПОВНЮВАЧІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>16 Хімічна та біоінженерія</i>
Спеціальність	<i>161 Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Хімічні технології неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</i>
Розклад занять	<i>Лекція 2 години на тиждень, лабораторні заняття 2 години на тиждень (1 пара) за розкладом на rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: старший викладач Нудченко Людмила Андріївна, noodchenko@gmail.com Лабораторні: старший викладач Нудченко Людмила Андріївна, noodchenko@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>Google Classroom (Google G Suite for Education, домен LLL.kpi.ua, платформа Sikorsky-distance); доступ за запрошенням викладача</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Для виробництва неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів необхідно знання складу і властивостей мінеральної сировини. Тому, дисципліна дає основні відомості по кристалографії і кристалохімії, вчить орієнтуватися в питаннях якості і запасів сировини. Всебічне вивчення хіміко-мінералогічного складу, структури, умов утворення мінералів допомагає визначити найбільш раціональні методи переробки сировини, що в свою чергу відбивається на якості одержуваних продуктів.

Предмет дисципліни: симетрія кристалів та їх класифікація, внутрішня структура кристалів, основні структурні типи кристалічних речовин, дефекти кристалічної решітки, мінеральна сировина, її структура і умови утворення.

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

- знання мінеральної сировини, її структури, якостей, умов утворення;

- здатність формулювати і вирішувати задачу використання основної технологічної сировини, яка використовується в технології неорганічних і органічних зв'язуючих та композиційних матеріалів;

- здатність використовувати професійно профільовані знання при аналізі техніко-економічних переваг або недоліків застосування даної сировини;
- здатність прогнозувати вплив хімічного складу сировинних компонентів на основні експлуатаційні властивості матеріалів.

Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ:

- симетрії кристалів;
- особливостей структури мінералів;
- про якість твердого тіла;

УМІННЯ:

- аналізувати переваги або недоліки сировини;
- прогнозувати вплив хімічного і мінералогічного складу сировинних компонентів на можливі поліморфні перетворення;
- оцінювати сировину з точки зору її технологічної придатності.

ДОСВІД:

- використання сировини в процесі виготовлення і експлуатації матеріалів та її технологічної придатності;
- заснування економічних послань комплексної переробки сировини та використання конкретної мінеральної сировини.

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

Загальна та неорганічна хімія	Основні поняття і закони хімії. Будова атома. Періодичний закон. Хімічний зв'язок та будова молекул. Окисно-відновні реакції. Теорія комплексних сполук.
Органічна хімія	Теорія хімічної будови і реакційної здатності органічних сполук. Аліфатичні, аліциклічні та ароматичні вуглеводні. Галоген-, гідроксидмісні, сульфур- та оксовмісні сполуки. Нітрогенмісні та карбонові кислоти. Інші класи органічних сполук.
Функціональні полімерні матеріали	Способи одержання полімерів. Основні уявлення про відмінність в будові та властивостях термопластів та реактопластів. Макромолекула полімерів та надмолекулярна структура.
Спеціальні методи досліджень полімерів	Фізичні методи аналізу полімерів. Симетрія кристалів та їх гідродинамічна хроматографія.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1 Основи геометричної та структурної кристалографії.

Вступ. Зміст, задачі та основні розділи курсу. Зв'язок курсу з іншими дисциплінами хіміко-технологічного профілю. Значення курсу в системі підготовки бакалаврів з хімічних технологій та інженерії. Історична справка про розвиток геолого-мінералогічних наук. Внесок вітчизняних учених та їх розвиток. Основні поняття та визначення. Проблеми раціонального та комплексного використання мінеральної сировини. Питання охорони оточуючого середовища.

Тема 1.1 Геометрична кристалографія.

Основні властивості кристалічних речовин. Однорідність, анізотропія, здатність до самогранування. Симетрія кристалів. Елементи симетрії кінцевих фігур. Категорії, сингонії, класи. Одиначні напрямки. Координатні системи в кристалографії. Індокси граней. Форми ідеальних кристалів. Поняття про просту та комбіновану форми. Поняття про міжнародні

символи класів. Обґранування реальних кристалів. Явище двійниунування та епітаксія в кристалах. (Самостійне вивчення).

Тема 1.2 Кристалічна ґратка.

Кристалічна ґратка та її елементи. Елементарна комірка та її параметри. 14 комірок Браве. Форми елементарних комірок в різних сингоніях. Уявлення про елементи симетрії нескінчених фігур. Просторові групи Федорова.

Тема 1.3 Основи кристалохімії оксидних, силікатних та інших тугоплавких сполук.

Основні поняття кристалохімії. Іонні та атомні радіуси. Поняття про структуру кристала. Кристалохімічні характеристики структури. Число формульних одиниць, які припадають на одну елементарну комірку. Координаційні числа атомів в структурі. Правило Фаянсу. Типи хімічного зв'язку в кристалах. Опис металів та іонних кристалів з позицій найщільніших упаковок. Типи порожнин: тетраедричні та октаедричні. Ізоморфізм і поліморфізм в кристалах. Особливості будування сполук (боридів, карбідів та силіцидів). Принципи систематики кристалічних структур по типу хімічного зв'язку та характеру координації.

Тема 1.4 Фізика реальних кристалів.

Дефекти кристалічної ґратки. Ідеальний і реальний кристал. Точкові дефекти в атомній структурі кристалу. Дислокації в кристалах.

Тема 1.5 Фізична кристалографія

Механічні властивості. Твердість, злом, спайність, ковкість мінералів. Питома вага. Теплові, електричні та магнітні властивості. Показники заломлення. Оптично ізотропні і анізотропні кристали. Поляризація світла кристалами. Оптичні індикатриси.

Розділ 2. Морфологія мінералів. (Самостійне вивчення)

Розділ 3. Кристалооптичні методи аналізу для використання природних та технічних матеріалів. (Самостійне вивчення).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали, зазначені нижче, доступні у бібліотеці університету та у бібліотеці кафедри хімічної технології композиційних матеріалів. 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. Шафрановский И.И., Алявдин В.Ф. Краткий курс кристаллографии. – М.: Высшая школа, 1984. – 120 с.
2. Попов Г.М., Шафрановский И.И. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1972. – 351 с.
3. Шаскольская М.П. Кристаллография. – М.: Высшая школа, 1984. – 392 с.
4. Бондарев В.П. Основы минералогии и кристаллографии с элементами петрограмм. – М.: Высшая школа, 1986. – 287 с.
5. Торопов Н.А., Булак Л.Н. Кристаллография и минералогия. – М.: Высшая школа, 1972. – 426 с.

Додаткова:

6. Куровець М.І. Кристалографія і мінералогія. Частина I. – Л.: Світ, 1996. – 235 с.
7. Куровець М.І. Кристалографія і мінералогія Частина II. – Л.: Світ, 1996. – 214 с.
8. Пенкаля Т. Очерки кристалохімії. – Л.: Хімія, 1974. – 495 с.
9. Гумилевский С.А., Киршон В.М., Луговской Г.П. Кристаллография и минералогия. – М.: Высшая школа, 1972. – 277 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); код доступу - за запрошенням викладача.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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), моделі кристалів, кристалічні решітки та мінерали. Після кожної лекції рекомендується ознайомитись з матеріалами, рекомендованими для самостійного вивчення, а перед наступною лекцією – повторити матеріал попередньої.

№	Дата	Опис заняття
1	1 - 6 лютого 2021 р.	Розділ 1. Основи геометричної та структурної кристалографії. Тема 1.1. Геометрична кристалографія. Вступ. Кристалічний стан. Основні властивості кристалічних речовин. Симетрія кристалів. Елементи симетрії кінцевих фігур. Класифікація кристалічних форм: категорії, сингонії, класи симетрії. Одичні напрямки. На лекції використовуються моделі кристалів.
2	8 - 13 лютого 2021 р.	Продовження теми 1.1: Координатні системи в кристалографії. Індеси граней. Поняття про просту та комбіновані форми. На лекції використовуються моделі кристалів.
3	15 – 20 лютого 2021 р.	Продовження теми 1.1: Поняття про міжнародні символи класів. На лекції використовуються моделі кристалів. Тема 1.2. Кристалічна гратка. Кристалічна гратка та її елементи. Елементарна комірка та її параметри. На лекції використовуються моделі структури кристалів.
4	22 - 27 лютого 2021 р.	Продовження теми 1.2: 14 решіток Браве. Форми елементарних комірок та їх параметри. На лекції використовуються моделі структури кристалів.
5	1 - 6 березня 2021 р.	Продовження теми 1.2: Елементи симетрії нескінчених фігур. На лекції використовуються моделі кристалів та їх структур. Тема 1.3. Основні поняття кристалохімії. Іонні та атомні радіуси. Координаційні числа та координаційні багатогранники атомів в структурі.
6	8 - 13 березня 2021 р.	Продовження теми 1.3: Координаційні числа та координаційні багатогранники атомів в структурі. Типи Хімічного зв'язку. На лекції використовуються моделі кристалічних структур.
7	15 - 20 березня 2021 р.	Продовження теми 1.3: Опис металів та іонних кристалів з позицій найщільніших упаковок. На лекції використовуються моделі щільних упаковок і структур кристалів.
8	22 - 27 березня 2021 р.	Продовження теми 1.3: Поліморфізм елементів та сполук. На лекції використовуються моделі кристалічних структур поліморфних модифікацій. Ізоморфізм. Тверді розчини I та II роду.
9	29 березня – 3 квітня 2021 р.	Тема 1.4. Фізика реальних кристалів. Дефекти кристалічної решітки. Ідеальний і реальний кристал. Точкові дефекти в атомній структурі кристалу. Дислокації в кристалах.
10	5 – 10 квітня 2021 р.	Тема 1.5. Фізична кристалографія. Властивості кристалічних тіл. Скалярні і векторні властивості. Структурно-чутливі і структурно-нечутливі властивості. Щільність ідеальних і реальних кристалів. Температура плавлення і твердість кристалів.
11	12 – 17 квітня 2021 р.	Продовження теми 1.5.: Піро- і п'єзоелектрика. Фізична кристалографія. Властивості кристалічних тіл. Скалярні і векторні властивості. Структурно-чутливі і структурно-нечутливі

		<i>властивості. Щільність ідеальних і реальних кристалів. Температура плавлення і твердість кристалів. Піро- і п'єзоелектрика.</i>
12	19 – 24 квітня 2021 р.	<i>Продовження теми 1.5: Структурно-чутливі і структурно-нечутливі властивості. Щільність ідеальних і реальних кристалів. Температура плавлення і твердість кристалів. Піро- і п'єзоелектрика.</i>
13	26 – 30 квітня 2021 р.	<i>Продовження теми 1.5: Теплові властивості. Їх залежність від симетрії. Оптичні властивості. Оптично ізотропні і анізотропні кристали. Оптична індикатриса. Магнітні властивості кристалів.</i>

Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять з дисципліни проводяться з метою закріплення теоретичних положень навчальної дисципліни «Кристалохімія наповнювачів» і набуття студентами умінь та досвіду їх практичного застосування під керівництвом викладача шляхом виконання відповідно сформульованих завдань. Виходячи з розподілу часу на вивчення дисципліни, рекомендується 13 лабораторних занять (з врахуванням часу на виконання контрольних робіт та заліку). Разом з лекційним матеріалом вони складають єдину систему, доповнюють і розширюють теоретичні відомості з дисципліни.

Тиждень	Тема	Опис запланованої роботи
1	<i>Визначення елементів симетрії кристалів</i>	<i>Уважно оглянути отриману модель; визначити наявність і порядок осей симетрії, обертаючи модель навколо уявної осі. Якщо осей багато, точки їх виходу відзначити крейдою. Визначити число площин симетрії, позначивши їх крейдою на моделі. Покласти модель на стіл і визначити наявність центра симетрії. Записати формулу симетрії в лабораторний журнал.</i>
2	<i>Визначення сингоній і класу симетрії</i>	<i>Визначити елементи і формулу симетрії; число одиничних напрямків. Визначити категорію; сингонію та назву класу симетрії.</i>
3	<i>Вибір кристалографічних осей і установка кристалів. Символи граней</i>	<i>Визначити елементи і формулу симетрії; визначити сингонію і клас симетрії; відповідно до правил даної сингонії вибрати кристалографічну систему координат; визначити число односторонніх граней; для кожного сорту граней визначити їхні символи, записавши їх у стовпчик.</i>
4	<i>Прості форми і комбінації в кристалах нижчих сингоній</i>	<i>Визначити елементи і формулу симетрії; визначити сингонію і клас; визначити число сортів граней; знайти прості форми.</i>
5	<i>Прості форми кубічної сингонії</i>	<i>Визначити формулу симетрії; сингонію і клас симетрії; число граней однакового сорту; координатні осі (установка кристала) і символи граней одного сорту; прості форми</i>
6	<i>Написання модульної контрольної роботи</i>	
7	<i>Символи класів симетрії по міжнародній класифікації</i>	<i>Визначити формулу симетрії моделі; встановити кристал відповідно правилам вибору кристалографічних осей; написати формулу симетрії відповідно правилам міжнародної символіки; вивести відповідно до теорем породжені елементи симетрії.</i>

8	Елементи симетрії кристалічних структур	У кристалічній ґратці типу алмаза і типу NaCl знайти площини ковзаючого відображення. Намалювати гвинтові осі 3-го, 4-го і 6-го порядків.
9	Повний опис кристалічних структур	Для структур: NaCl, Mg, TiO ₂ , Si: 1/ визначити сингонію і тип комірки Браве; 2/ встановити координаційні числа атомів, що складають ґратки; 3/ встановити, чи є структура щільною упаковкою; 4/ дати координати атомів; 5/ підрахувати кількість атомів, що приходяться на елементарну комірку, і визначити число формульних одиниць. Дати малюнок структури.
10		Для структур: α-W; CsCl; Mg(OH) ₂ , CaF ₂ : 1/ визначити сингонію і тип комірки Браве; 2/ встановити координаційні числа атомів, що складають ґратки; 3/ встановити, чи є структура щільною упаковкою; 4/ дати координати атомів; 5/ підрахувати кількість атомів, що приходяться на елементарну комірку, і визначити число формульних одиниць. Дати малюнок структури.
11		Захист роботи
12	Захист розрахункової роботи	
13	Підсумкове заняття	До відома студентів доводиться кількість балів, яку вони набрали протягом семестру. Студенти, які були не допущеними до семестрової атестації з кредитного модуля, мають усунути причини, що призвели до цього.

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СРС) протягом семестру включає повторення лекційного матеріалу; підготовку до лабораторних занять; підготовка до захисту лабораторних робіт; підготовка до модульної контрольної роботи; виконання розрахункової роботи; самостійне вивчення розділу 2 та 3, підготовка до заліку. Рекомендована кількість годин, яка відводиться на підготовку до зазначених видів робіт:

Вид СРС	Кількість годин на підготовку
Підготовка до аудиторних занять: повторення лекційного матеріалу, оформлення протоколів з лабораторних робіт та підготовка до їх захисту.	2 – 3 години на тиждень
Розділ 2. Морфологія мінералів.	4 години
Розділ 3. Кристалооптичні методи аналізу для використання природних та технічних матеріалів.	6 годин
Виконання розрахункової роботи.	10 годин
Підготовка до МКР (повторення матеріалу).	4 години
Підготовка до заліку.	10 годин

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

У звичайному режимі роботи університету лекції та лабораторні роботи проводяться в навчальних аудиторіях. У змішаному режимі лекційні заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський, лабораторні роботи – у лабораторіях навчального корпусу.

У дистанційному режимі всі заняття проводяться через платформу дистанційного навчання Сікорський. Відвідування лекцій та лабораторних робіт є обов'язковим.

На початку кожної лекції проводиться опитування за матеріалами попередньої лекції із застосуванням інтерактивних засобів (Google Forms тощо). 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 робіт:

1. До захисту допускаються студенти, які виконали роботу та оформили протокол.
2. На захист виносяться питання, що стосуються теоретичних засад та особливостей методики виконання даної роботи.
3. Виконання роботи та її захист оцінюється згідно РСО та 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 лабораторної роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
2. Несвоєчасний захист роботи без поважної причини штрафуються 1 балом;
3. Відсутність на модульній контрольній роботі без поважної причини штрафуються 1 балом;
4. За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується 1 штрафний бал (але не більше 5 балів).
5. За активну роботу на лекції та лабораторному занятті нараховується до 1 заохочувального балу (але не більше 10 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 (РСО)

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

1. Поточний контроль: експрес-опитування на лабораторних заняттях, МКР та РГР.
2. Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.
3. Семестровий контроль: письмовий залік.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 70 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- виконання лабораторних робіт (13 робіт);
- написання модульної контрольної роботи, що складається з двох частин;
- виконання РГР.

2. Критерії нарахування балів.

2.1. Робота на лабораторних заняттях:

Ваговий бал – **2 бали**. Максимальна кількість балів на усіх лабораторних заняттях дорівнює: 2 бали \times 13 = **26 балів**.

Критерії оцінювання

Ваговий бал – **2 бали**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

2 бали: безпомилкове виконання та оформлення аудиторного та домашнього завдання; захист роботи під час наступного заняття;

1 бал: вірне виконання роботи після навідної допомоги викладача або проведення роботи зі значущими помилками, які підлягають виправленню; захист роботи з затримкою у 2 заняття;

0 балів: відсутність на занятті без поважних причин.

2.2. Модульна контрольна робота (МКР)

Ваговий бал – **10 балів**. Модульна контрольна робота складається з двох частин: теоретичної та практичної. Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює: 10 балів \times 2 = **20 балів**.

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 20,0 – 14,1 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 14,0 – 10,1 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 10,0 – 2,1 балів;
- незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на «задовільно») – 0 балів.

2.3. Виконання РГР

Ваговий бал – **6 балів** (за одну задачу). РГР складається з 4 задач, кожна з яких оцінюється в 6 балів. Максимальна кількість балів за розрахункову роботу дорівнює: 6 балів \times 4 = **24 бали**.

Критерії оцінювання РГР:

Ваговий бал – **24 бали**. Оцінювання роботи проводиться за наступною шкалою:

- творчо виконана робота, виконані всі вимоги до роботи – 24,0 – 16,1 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками, виконані майже всі вимоги до роботи, або є несуттєві помилки – 16,0 – 12,1 балів;
- роботу виконано з певними помилками, є недоліки щодо виконання вимог до роботи і певні помилки – 12,0 – 8,0 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 $0,5 \cdot 16 = 8$ балів. На **другому календарному контролі** (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше $0,5 \cdot 70 = 35$ балів і зарахована розрахункова робота.

4. **На заліку** студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить два теоретичних запитання (завдання). Кожне запитання (завдання) оцінюється за такими критеріями:

Кожне теоретичне питання оцінюється у 15 балів.

Система оцінювання теоретичних питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15–10,7 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 10,6 – 8,8 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 8,7– 6,8 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Максимальна сума балів, яку студент може набрати протягом семестру, складає 70 балів:

$$RC = r_{\text{лр}} + r_{\text{мкр}} + r_{\text{ргр}} = 26 + 20 + 24 = 70 \text{ балів}$$

Умовою допуску до заліку є зарахування всіх лабораторних робіт, написання МКР, виконання та захист розрахункової-графічної роботи та кількість рейтингових балів не менше 35.

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 «Кристалографія і мінералогія» (платформа Sikorsky-distance).*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено старшим викладачем Нудченко Людмилою Андріївною

Ухвалено кафедрою хімічної технології композиційних матеріалів (протокол № 5 від 04.11.2020 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 2 від 14.10.2020 р.)