

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет хімічний**  
**Кафедра неорганічної хімії**

**Затверджено**

на засіданні кафедри неорганічної хімії  
факультету хімічного  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1/8 від 29 серпня 2022 р.)

Завідувач кафедри  Р.С. Гладішевський

**Силабус навчальної дисципліни**  
**«Фізико-хімічний аналіз багатокomпонентних систем»,**  
**що викладається в межах ОПП (ОПН) другого (магістерського)**  
**рівня вищої освіти для здобувачів зі спеціальності**  
**102 Хімія**

Львів 2022 р.

<b>Назва дисципліни</b>	Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	Хімічний факультет ЛНУ імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія, 6
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Хімічний факультет Кафедра неорганічної хімії
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	10 Природничі науки 102 Хімія
<b>Викладач курсу</b>	Котур Богдан Ярославович, професор
<b>Контактна інформація викладача</b>	bohdan.kotur@lnu.edu.ua
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	За домовленістю зі студентами за їхньої потреби. Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі онлайн консультації через MS Teams. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
<b>Сторінка курсу</b>	Сторінка курсу на платформі Moodle (e-learning.lnu.edu.ua)
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем” є вибірковою дисципліною зі спеціальності 102 Хімія для освітньо-професійної програм “Хімія” другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається у другому семестрі в обсязі 3 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання та виробити навички з різних форм застосування набутих знань та напрацювань, обов’язкові для того, щоб розкрити власний науковий потенціал. Предмет навчальної дисципліни “Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем” включає вивчення основних типів діаграм стану трикомпонентних систем та загальні принципи будови і тетраедрації чотирикомпонентних систем, їхню класифікацію і загальні закономірності побудови, умови утворення фаз та закономірності фазових перетворень. Курс є важливим елементом становлення фахівців не лише у галузі хімії, але й науковців в цілому.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою і завданням дисципліни “Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем” є поглиблення знань студентів, які вони отримали під час роботи над курсом “Фізико-хімічний аналіз (діаграми стану)” у 7-му семестрі і є її логічним продовженням. Викладання базується на знаннях студентів з основ фізико-хімічного аналізу, основних типів діаграм стану одно- та двокомпонентних систем, загальних закономірностей їх будови. Вивчення дисципліни поповнить знання студентів щодо основних типів діаграм стану потрійних систем, методів їх побудови, опису та аналізу, а також чотирикомпонентних систем. Це складатиме основу для практичного застосування знань під час виконання курсової роботи у 2-му семестрі та магістерської роботи.
<b>Література для вивчення дисципліни</b>	<b>Базова:</b> 1. Барчій І.Є., Переш Є.Ю., Різак В.М., Худолій В.О. Гетерогенні рівноваги. – Ужгород: Закарпаття, 2003.– 212 с. ( <i>Основний підручник рекомендований МОН України</i> ). 2. Котур Б.Я., Шпирка З.М., Ничипорук Г.П., Зелінська О.Я. Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем: лабораторний практикум.- Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2013.– 104 с. 3. Бодак О.И., Гладьшевский Е.И. Тройные системы, содержащие редкоземельные металлы. – Львов: Вища школа: Изд-во при Львов. ун-те,

	<p>1985.– 328 с.</p> <p><b>Допоміжна:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. Випуски 2000-2022 р.р.</li> <li>2. Гладышевский Е.И., Бодак О.И. Кристаллохимия интерметаллических соединений редкоземельных металлов. – Львов: Вища школа: Изд-во при Львов. ун-те, 1982.– 255 с.</li> <li>3. Горощенко Я.Г. Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем. – К: Наукова думка, 1978.– 490 с.</li> <li>4. Пирсон У. Кристаллохимия и физика металлов и сплавов. – М.: Мир, 1977. – 420 с.</li> </ol> <p><b>Інформаційні ресурси</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Villars P., Cenzual K. (Eds.) Pearson's Crystal Data, Crystal Structure Database for Inorganic Compounds. Materials Park (OH): American Society for Metals, 2007.</li> </ol> <p><i>Крім підручників і навчальних посібників можна скористатись електронною бібліотекою наукової бібліотеки Львівського національного університету імені Івана Франка: <a href="http://library.lnu.edu.ua">http://library.lnu.edu.ua</a></i></p>
<b>Тривалість курсу</b>	90 год
<b>Обсяг курсу</b>	Навчальний курс охоплює 3 кредити (90 год) і складається з 32 год аудиторних занять, з них 16 год лекційних занять, 16 год лабораторних занять та 58 годин самостійної роботи.
<b>Очікувані результати навчання</b>	<p>Після завершення курсу курсу студент буде <b>знати:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– принципи фізико-хімічного аналізу;</li> <li>– основні методи фізико-хімічного аналізу багатокомпонентних систем (термічний, диференціальний термічний, X-променевиий фазовий, X-променевиий структурний, мікроструктурний, дилатометричний, твердості (мікротвердості) тощо);</li> <li>– правила класифікації багатокомпонентних систем;</li> <li>– закономірності будови діаграм стану трикомпонентних систем;</li> <li>– правила триангуляції трикомпонентних систем</li> <li>– правило трикутників;</li> <li>– правила тетраедрації чотирикомпонентних систем;</li> </ul> <p><b>вміти:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– аналізувати діаграми стану трикомпонентних систем;</li> <li>– розраховувати наважки три- та чотирикомпонентних зразків;</li> <li>– працювати з макетами діаграм стану потрійних систем;</li> <li>– описувати діаграми стану трикомпонентних систем різних типів;</li> <li>– будувати криві кристалізації сплавів;</li> <li>– будувати та описувати ізотермічні перетини діаграм стану трикомпонентних систем;</li> <li>– будувати та описувати політермічні (вертикальні) перетини діаграм стану трикомпонентних систем;</li> <li>– проводити тетраедрацію чотирикомпонентних систем;</li> <li>– описувати чотирикомпонентні системи;</li> <li>– працювати з навчальною та науковою літературою в галузі фізико-хімічного аналізу.</li> </ul> <p>У результаті успішного вивчення курсу студент набуде <b>загальних компетентностей:</b></p>

	<p><b>ЗК 2.</b> Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.</p> <p><b>ЗК 3.</b> Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p><b>ЗК 4.</b> Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p><b>ЗК 14.</b> Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел та <i>спеціальних (фахових) компетентностей</i></p> <p><b>СК 2.</b> Здатність будувати адекватні моделі хімічних явищ, досліджувати їх для отримання нових висновків та поглиблення розуміння природи, в тому числі з використанням методів молекулярного, математичного і комп'ютерного моделювання.</p> <p><b>СК 4.</b> Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.</p> <p><b>СК 6.</b> Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із <i>Програмні результати навчання:</i></p> <p><b>ПРН 2.</b> Глибоко розуміти основні факти, концепції, принципи і теорії, що стосуються предметної області, опанованої у ході магістерської програми, використовувати їх для розв'язання складних задач і проблем, а також проведення досліджень з відповідного напрямку хімії.</p> <p><b>ПРН 6.</b> Знати методологію та методику організації наукового дослідження.</p>
<b>Ключові слова</b>	Фізико-хімічний аналіз, діаграма стану
<b>Формат курсу</b>	Очний Проведення лекцій, лабораторних занять та консультацій
<b>Теми</b>	Теми наведені у <i>**схемі курсу</i>
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	залік у кінці семестру за результатами поточного контролю (виконання і здачі домашніх завдань, 6-ти лабораторних робіт, 2-х контрольних робіт) упродовж семестру
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін “Фізико-хімічний аналіз”, “Неорганічна хімія”, “Фізична хімія”.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Використання таких методів навчання: а) <i>словесні</i> – лекція, пояснення, бесіда; б) <i>наочні</i> – ілюстрування лекційного матеріалу рисунками та схемами в) <i>практичні</i> – виконання лабораторних робіт (індивідуальні та групові завдання), спрямованих на застосування набутих знань у розв'язанні практичних завдань.
<b>Необхідне обладнання</b>	Кодоскоп, набір канцелярських засобів для графічних побудов, лабораторне обладнання кафедри неорганічної хімії (макети діаграм стану трикомпонентних систем).
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</b>	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • лабораторні роботи: 48% семестрової оцінки; • контрольні заміри (модулі): 40% семестрової оцінки; • індивідуальні (домашні) завдання: 12%. Підсумкова максимальна кількість балів – 100. Жодні форми порушення <b>академічної доброчесності</b> не толеруються: списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Студенти повинні виконати і здати усі лабораторні роботи, передбачені програмою курсу. <b>Відвідання занять</b> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх

	<p>видів письмових робіт, передбачених курсом. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p><b>Політика виставлення балів.</b> Враховуються бали набрані на лабораторних заняттях та бали підсумкового опитування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<b>Питання до заліку.</b>	Перелік завдань та питань для опитування розміщений на сторінці курсу на платформі Moodle (e-learning.lnu.edu.ua).
<b>Опитування</b>	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

\*\* Схеми курсу

Тиждень	Тема, план	Форма діяльності	Література. ***Ресурси в інтернеті	Завдання	Термін виконання
1-2	<p><b>Тема 1. Повторення основних методів фізико-хімічного дослідження речовин та типів діаграм стану одно- та двокомпонентних систем.</b> Основні поняття та терміни фізико-хімічного аналізу. Основні методи фізико-хімічного аналізу систем (термічний, диференціальний термічний, рентгенофазовий, рентгеноструктурний, мікроструктурний, дилатометричний, твердості (мікротвердості) тощо). Основні типи діаграм стану однокомпонентних систем. Основні типи діаграм стану двокомпонентних систем.</p> <p><b>Тема 2. Трикомпонентні системи. Класифікація діаграм стану трикомпонентних систем. Трикомпонентні ізоморфні системи.</b> Методи зображення складу трикомпонентних систем. Методи визначення вмісту компонентів у трикомпонентному зразку методи Розебома і Гіббса. Концентраційний трикутник Гіббса-Розебома. Розрахунок наважок трикомпонентних зразків за їх складом в атомних частках (процентах) компонентів, у т.ч. з лігатур. Класифікація діаграм стану</p>	Лекція, лабораторні заняття	<p><b>Базова:</b></p> <p>1. Барчій І.Є., Переш С.Ю., Різак В.М., Худолій В.О. Гетерогенні рівноваги. – Ужгород: Закарпаття, 2003. – 212 с. (Основний підручник рекомендований МОН України).</p> <p>2. Котур Б.Я., Шпирка З.М., Ничипорук Г.П., Зелінська О.Я. Фізико-хімічний аналіз багатокомпонентних систем: лабораторний практикум.- Львів: ЛНУ ім. І.Франка, 2013-104 с.</p> <p>3. Бодак О.И., Гладышевский Е.И. Тройные системы, содержащие редкоземельные металлы. – Львов: Вища школа, 1985. – 328 с.</p> <p><b>Допоміжна:</b></p> <p>1. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. Випуски 2000-2022 р.р.</p> <p>2. Гладышевский Е.И., Бодак О.И. Кристаллохимия интерметаллических соединений редкоземельных металлов. – Львов: Вища школа, 1982. – 255 с.</p> <p>3. Горощенко Я.Г. Физико-химический анализ гомогенных и гетерогенных систем. – К: Наукова думка, 1978. – 490 с.</p> <p>4. Пирсон У. Кристаллохимия и физика металлов и сплавов. – М.: Мир, 1977. – 420 с.</p> <p><b>Інформаційні ресурси</b></p>	<p>домашнє завдання, лаборат. робота 1</p> <p>лаборат. робота 2</p>	лютий

	<p>потрійних систем. Топологія діаграм стану. Двофазова рівновага в потрійній системі. Трикомпонентні ізоморфні системи. Проекції поверхонь ліквідус та солідус на концентраційний трикутник. Кристалізація сплавів. Мікроструктурні складові сплавів. Ізотермічні перетини діаграм стану. Політермічні (вертикальні) перетини діаграм стану. Максимуми і мінімуми в потрійних ізоморфних системах.</p>		<p><i>I. Villars P., Cenzual K. (Eds.) Pearson's Crystal Data, Crystal Structure Database for Inorganic Compounds. Materials Park (OH): American Society for Metals, 2007.</i></p> <p>Крім підручників і навчальних посібників можна скористатись електронною бібліотекою наукової бібліотеки Львівського національного університету імені Івана Франка: <a href="http://library.lnu.edu.ua">http://library.lnu.edu.ua</a></p>		
3-5	<p><b>Тема 3. Діаграма стану трикомпонентної системи з чотирифазовою рівновагою першого класу.</b> Діаграма стану потрійної системи з чотирифазовою рівновагою першого класу і відсутньою розчинністю компонентів у твердому стані <math>L \leftrightarrow A+B+C</math>. Діаграма стану потрійної системи з чотирифазовою рівновагою першого класу і обмеженою розчинністю компонентів у твердому стані <math>L \leftrightarrow \alpha + \beta + \gamma</math>. Поверхні діаграми стану та їх проекції на концентраційний трикутник. Ізотермічні та політермічні (вертикальні) перетини діаграми стану, їх побудова. Кристалізація сплавів. Криві кристалізації сплавів.</p>	Лекція, лабораторні заняття		Лаборат. робота 3,	лютий,
				контроль на робота 1	березень
6-9	<p><b>Тема 4. Діаграми стану трикомпонентних систем з чотирифазовими рівновагами другого і третього класу.</b> Діаграма стану трикомпонентної системи з чотирифазовою рівновагою другого класу <math>L + \alpha \leftrightarrow \beta + \gamma</math>. Поверхні та фазові області діаграми стану. Проекції поверхонь на концентраційний трикутник. Побудова ізотермічних та політермічних (вертикальних) перетинів діаграми стану. Криві кристалізації типових сплавів системи. Особливості термічної обробки сплавів для досягнення термодинамічно рівноважного стану. Діаграма стану трикомпонентної системи з чотирифазовою рівновагою третього класу <math>L + \alpha + \beta \leftrightarrow \gamma</math>. Поверхні та фазові області діаграми стану. Проекції поверхонь діаграми стану на концентраційний трикутник.</p>	Лекції, лабораторні заняття		лаборат. роботи 4 і 5	березень-квітень

	<i>Ізотермічні та політермічні перетини діаграми стану. Особливості кристалізації сплавів системи.</i>				
10-12	<p><b>Тема 5. Діаграми стану трикомпонентних систем з різними фазовими перетвореннями.</b></p> <p><i>Потрійні діаграми стану з бінарними сполуками. Системи з неперервними рядами твердих розчинів між ізоморфними бінарними сполуками. Умови утворення неперервних рядів твердих розчинів між бінарними сполуками. Діаграми стану потрійних систем з обмеженими твердими розчинами на основі бінарних сполук. Діаграми стану з тернарними сполуками. Тернарні сполуки постійного і змінного складу з різним способом утворення і їхні геометричні образи на діаграмах стану.</i></p>	<i>Лекція, лабораторне заняття</i>		<p><i>лаборат. робота 6</i></p> <p><i>контроль на робота 2</i></p>	<i>квітень</i>
13	<p><b>Тема 6. Експериментальні методи побудови діаграм стану трикомпонентних систем. Дослідження трикомпонентних систем на кафедрі неорганічної хімії.</b></p> <p><i>Правило фаз Гіббса і його застосування при побудові діаграм стану трикомпонентних систем. Експериментальні методи побудови ізотермічних (горизонтальних) і полі термічних (вертикальних) перетинів діаграм стану потрійних систем. Дослідження областей гомогенності твердих розчинів і проміжних фаз. Експериментальні труднощі дослідження фазових рівноваг. Характерні помилки при побудові ізотермічних перетинів діаграм стану. Трикомпонентні системи, досліджені на кафедрі неорганічної хімії.</i></p>	<i>Лекція</i>			

14-16	<p><b>Тема 7. Основні принципи побудови та характеристики діаграм стану багатокомпонентних систем.</b></p> <p>Геометричні труднощі зображення діаграм стану багатокомпонентних систем. Зображення кількісного складу багатокомпонентних систем. Поліедрація багатокомпонентних систем. Квазіподвійні і квазіпотрійні перетини діаграм стану <math>n</math>-компонентної системи. Частково квазіподвійні і частково квазіпотрійні перетини діаграм стану. Класифікація чотирикомпонентних систем з проміжними фазами. Практичне значення поліедрації багатокомпонентних конденсованих систем. Класифікація чотирикомпонентних конденсованих систем з проміжними фазами. Багатоманітність видів тетраедрації чотирикомпонентних систем і їхні основні характеристики.</p>	Лекції, лабораторне заняття		лаборат. робота б	травень
				здача лабораторних робіт, залік	