

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Хімічний факультет
Кафедра неорганічної хімії

Затверджено

На засіданні кафедри неорганічної хімії
хімічного факультету
Львівського національного університету імені
Івана Франка
(протокол № 1/8 від 29.08, 2022 р.)

Завідувач кафедри
академік НАН України,
доктор хімічних наук, професор
Гладишевський Р.Є.



Силабус навчальної дисципліни
“НОВІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ІНТЕРМЕТАЛІЧНИХ СПОЛУК”,
що викладається в межах ОПП / ОНП підготовки магістра
(другого (магістерського) рівня вищої освіти)
для здобувачів за спеціальністю 102 Хімія

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	НОВІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ ІНТЕРМЕТАЛІЧНИХ СПОЛУК
Адреса викладання дисципліни	Львівський національний університет імені Івана Франка, хімічний факультет, вул. Кирила і Мефодія 6, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Хімічний факультет, кафедра неорганічної хімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки 102 Хімія
Викладачі дисципліни	Павлюк Володимир Васильович, д.х.н., проф. кафедри неорганічної хімії
Контактна інформація викладачів	volodymyr.pavlyuk@lnu.edu.ua
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі онлайн консультації через MS Teams чи ZOOM. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка курсу	https://chem.lnu.edu.ua/employee/pavlyuk-volodymyr-vasylovych
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Нові матеріали на основі інтерметалічних сполук” є вибірковою дисципліною зі спеціальності 102 Хімія для освітньо-професійної програм “Хімія” другого (магістерського) рівня вищої освіти, яка викладається в першому семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено таким чином, щоб надати студентам необхідні теоретичні знання і практичні навички, які дозволять оволодіти методологією процесу створення та ознайомити основними напрямками використання матеріалів на основі інтерметалічних сполук. Спеціальна навчальна дисципліна “Нові матеріали на основі інтерметалічних сполук” є складовою циклу професійної підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "магістр", ґрунтується на базових навчальних дисциплінах «Неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Аналітична хімія», «Фізична хімія», «Інформатика та програмування» "Кристалохімія неорганічних сполук", "Вивчення внутрішньої будови речовин", "Металознавство", "Фізико-хімічний аналіз".
Мета та цілі дисципліни	Метою і завданням навчальної дисципліни “Нові матеріали на основі інтерметалічних сполук” є теоретичне і практичне ознайомлення з основними напрямками використання інтерметалічних сполук.
Література для вивчення дисципліни	Основна: 1. Кольорові метали і сплави / В. Л. Грешта, О. В. Климов, О. В. Лисиця.– Запоріжжя: ЗНТУ, 2015.– 335 с. 2. R.P. Campos, A.C. Cuevas, R.A.E. Muñoz. Characterization of metals and alloys. Springer. 2017. 3. Сплави з особливими властивостями / З. А. Дурягіна, О. Я. Лизун, В. Л. Пілюшенко. — Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2007. — 236 с. 4. Бодак О.І., Гладішевський Є.І. Потрійні системи, які містять рідкісноземельні метали. – Львів: Вища школа, 1985. – 328 с. 5. J.O.Bsenhard. Handbook of battery materials. Wiley-VCH. 1999. 6. Lewandowski, Witold M. Proekologiczne odnawialne źródła energii. WNT, W-wa 2006

	<p>7. Ternary Alloys (+Binary + Quaternary Systems. Evaluated Constitutional Data, Phase Diagrams, Crystal Structures and Applications of Lithium Alloy Systems). G.Effenberg, F.Aldinger, O. Bodak (Editors) and W.Pavlyuk (Associate Editors). VCH, D-69496 Weinheim (Germany). Volume 14. 458 pages (1995).</p> <p>8. Ternary Alloys (+Binary + Quaternary Systems. Evaluated Constitutional Data, Phase Diagrams, Crystal Structures and Applications of Lithium Alloy Systems). G.Effenberg, F.Aldinger, O. Bodak (Editors) and W.Pavlyuk (Associate Editors). VCH, D-69496 Weinheim (Germany). Volume 15. 458 pages (1995).</p> <p>9. Ternary Alloys: A Comprehensive Compendium of Evaluated Constitutional Data and Phase Diagrams / Ed. by Effenberg G., Aldinger F., Rogl P. - MSI, Stuttgart (Germany), Vol.18. 430 pages (2001).</p> <p>Додаткова:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дивосвіт металів / С. Є. Кондратюк, О. Л. Геллер ; НАН України, Фіз.-технол. ін-т металів та сплавів. – Київ : Академперіодика, 2015. – 204 с. 2. Гладисhevський Є.І., Бодак О.І. Кристаллохімія інтерметалічних сполук рідкісноземельних металів – Львів: Вища школа, 1982. – 255 с. 3. Parthé E., Gelato L., Chabot B., Penzo M., Cenzual K., Gladyshevskii R. ТУРІХ. Standardized Data and Crystal Chemical Characterization of Inorganic Structure Types. Heidelberg: Springer-Verlag, 1993, Vol. 1-4, 1596 p. 4. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. 5. Chemistry of Metal and alloys <p>Інформаційні ресурси</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Villars P., Cenzual K. (Eds.) Pearson' Crystal Data, Crystal Structure Database for Inorganic Compounds. Materials Park (OH): American Society for Metals, 2007. 2. Inorganic Crystal Structure Database (FindIt), The Cambridge Crystallographic Data Centre (CCDC). https://www.ccdc.cam.ac.uk/ 3. www.sciencedirect.com
Обсяг курсу	Навчальний курс охоплює 5 кредитів (150 год). Курс складається з 48 год. аудиторних занять, з них 16 год. лекційних занять, 32 лабораторних занять та 102 год. самостійної роботи (очна форма навчання).
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <p>знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> • класифікацію металів і сплавів; • особливості синтезу та виробництва матеріалів; • основні характеристики електродних матеріалів; • основні параметри гідрогенсорбційних матеріалів ; • основні характеристики магнітних матеріалів; • основні характеристики резистивних матеріалів; • основні характеристики конструкційних матеріалів; • основні комп'ютерні програми, необхідні для обчислення результатів досліджень матеріалів. <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> • синтезувати матеріал (сплави, інтерметалічні сполуки);

- провести термічну обробку матеріалу;
- підготувати матеріал для фазового та структурного аналізу;
- підготувати матеріал для магнітних, резистивних, гідрогенсорбційних, та електрохімічних досліджень;
- провести магнітні, резистивні, гідрогенсорбційні, електрохімічні дослідження;
- опрацювати отримані результати.

У результаті успішного вивчення курсу студент набуде **загальних компетентності (ЗК):**

ЗК01. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК02. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК03. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність діяти соціально відповідально і свідомо з метою збереження природного навколишнього середовища;

та **спеціальних (фахових) компетентностей (СК):**

СК01. Здатність застосовувати знання та вміння з математики, фізики, хімії та інших суміжних наук для вирішення конкретних завдань матеріалознавства.

СК02. Здатність демонструвати базові теоретичні знання в галузі хімічних наук та на межі предметних галузей.

СК03. Здатність здійснювати збір, реєстрацію і аналіз даних за допомогою відповідних методів і технологічних засобів лабораторних умов.

Програмні результати навчання (ПРН):

ПР01. Розуміти соціальні та економічні наслідки впровадження новітніх розробок у галузі матеріалознавства у професійній діяльності.

ПР02. Застосовувати сучасні інформаційні технології, програмні засоби та ресурси Інтернету для інформаційного забезпечення професійної діяльності.

ПР03. Планувати, виконувати, аналізувати дані і презентувати результати експериментальних досліджень в галузі хімії.

ПР04. Застосовувати моделі, методи і дані фізики, хімії, екології, математики у процесі навчання та забезпечення професійної діяльності.

ПР05. Володіти прийомами самоосвіти і самовдосконалення. Уміти проектувати траєкторію професійного росту й особистого розвитку, застосовуючи набуті знання.

ПР06. Аргументувати вибір методів, алгоритмів планування та проведення, лабораторних, т.ч. математичних методів та програмного забезпечення для проведення досліджень, обробки та представлення результатів.

ПР07. Аналізувати фізико-хімічні властивості та функціональну роль інтерметалічних сполук, їхню будову й фізико-хімічні властивості.

ПР08. Поєднувати навички самостійної та командної роботи задля отримання результату з акцентом на добросовісність, професійну сумлінність та відповідальність за прийняття рішень.

Ключові слова

Компетентності, методологія наукових досліджень, база даних, інтерметалічні сполуки, сплави, теплові, механічні, магнітні, резистивні,

	гідрогенсорбційні, електрохімічні властивості.
Формат курсу	Очний Проведення лекцій та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Приведено у Таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	залік в кінці семестру, письмовий (комбіновані тести)
Пререквізити	Викладання навчальної дисципліни базується на знаннях, отриманих в результаті вивчення попередніх навчальних дисциплін та набуття компетенцій після завершення навчання на рівні бакалавра. Необхідні базові знання з навчальних дисциплін «Неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Аналітична хімія», «Фізична хімія», «Інформатика та програмування» "Кристалохімія неорганічних сполук", "Вивчення внутрішньої будови речовин", "Металознавство", "Фізико-хімічний аналіз"
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Методи навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) словесні – лекція з використанням мультимедійних засобів, розповідь, бесіда, інструктаж (вступний та поточний) під час виконання лабораторних робіт; б) наочні – ілюстрування лекційного матеріалу таблицями, схемами, моделями, демонстрування хімічних дослідів; в) практичні – виконання лабораторних робіт, що сприятиме застосуванню набутих знань у розв'язанні практичних завдань; г) методи самостійної роботи студента – виконання індивідуальних завдань. <p>Робота в системі Moodle, побудова електронного навчання як простору прояву пізнавальних ініціатив. Робота з платформами ZOOM та Teams</p>
Необхідне обладнання	Мультимедійне обладнання, персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми, проектор, доступ до мережі інтернет. Лабораторне обладнання.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Нарахування балів здійснюється за таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> 50 % – виконання лабораторних робіт; 50% – усне опитування або комбіновані тести з теоретичного матеріалу. <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають декілька видів письмових робіт (звіти, рукопис, тези доповіді, презентація, постер, проєкт). Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Відвідання занять 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 видів письмових робіт, передбачених курсом. Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до</p>

	<p>використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. 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>
<p>Питання до заліку чи екзамену</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Методи контролю складу і структури та інших характеристик ІМС (XRD, DTA, DSC, EDAX) 2. Металгідридні струму. 3. Літєві джерела струму. 4. Паливні елементи. 5. Сепаратори. Конструкційні та струмовідвідні матеріали.. 6. Гідриди та гідридоутворення. 7. Структурні особливості гідридоактивних інтерметалідів. Р-С-Т діаграми. 8. Диференціальний термічний аналіз (ДТА) та диференційна скануюча калориметрія. 9. Теплове розширення сплавів.. 10. Пружність та деформація. 11. Тверді та надтверді сплави. 12. Жаростійкість сплавів. 13. Легкі та надлегкі сплави.
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1. Схема курсу

Тиж-день	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література	Завдання, год.	Термін виконання
1	Вступ. Загальні принципи використання ІМС в промисловості. Класифікації інтерметалічних сполук (ІМС) за галузями практичного використання. Проблеми синтезу високочистих інтерметалідів. Промисловий синтез. Методи контролю складу і структури та інших характеристик ІМС (XRD, DTA, DSC, EDAX).	лекція	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Опрацювати відповідні розділи рекомендованої літератури. 2 год.	1 тиждень
1	Синтез анодних матеріалів на основі інтерметалідів. Термічна обробка та гартування.	лабораторна	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Виконати лабораторну роботу та оформити звіт. Вправи, задачі, питання, 2 год	1 тиждень
2	Електрохімічні властивості інтерметалідів. Первинні та вторинні хімічні джерела струму (ХДС) на основі ІМС. Металгідридні та літієві джерела струму. Основні технічні характеристики..	лекція	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Опрацювати відповідні розділи рекомендованої літератури. 2 год.	2 тиждень
2	Виготовлення анодів та катодів для метал-гідридних хімічних джерел струму. Дослідження кристалічної структури матеріалів. Приготування електроліту. Зборка лабораторного прототипу джерела струму.	лабораторна	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Виконати лабораторну роботу та оформити звіт. Вправи, задачі, питання, 4 год	2 тиждень
3	Анодні та катодні матеріали на основі інтерметалічних сполук для метал-гідридних та літієвих хімічних джерел струму. Основні вимоги до електродних матеріалів. Структурні характеристики анодів та катодів.	лекція	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Опрацювати відповідні розділи рекомендованої літератури. 2 год.	3 тиждень
3	Виготовлення анодів та катодів для літієвих хімічних джерел струму. Дослідження кристалічної структури матеріалів. Зборка лабораторного макету джерела струму.	лабораторна	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Виконати лабораторну роботу та оформити звіт. Вправи, задачі, питання, 4 год	3 тиждень
4	Неорганічні електроліти. Іонні розплави та тверді електроліти. Електроліти на основі органічних	лекція	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Опрацювати відповідні розділи рекомендованої	4 тиждень

	апротонних розчинників. Сепаратори. Конструкційні та струмовідвідні матеріали.			літератури. 2 год.	
4	Дослідження питомих технічних характеристик металгідридних хімічних джерел струму.	лабораторна	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Виконати лабораторну роботу та оформити звіт. Вправи, задачі, питання, 4 год	4 тиждень
5	Електрохімічне та газове гідрування. Механізми процесів. Гідриди та гідридоутворення. Структурні особливості гідридоактивних інтерметалідів. Р-С-Т діаграми. Використання гідридоактивних ІМС у промисловості..	лекція	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Опрацювати відповідні розділи рекомендованої літератури. 2 год.	5 тиждень
5	Дослідження питомих технічних характеристик літєвих хімічних джерел струму.	лабораторна	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Виконати лабораторну роботу та оформити звіт. Вправи, задачі, питання, 4 год	5 тиждень
6	Матеріали на основі інтерметалічних сполук з покращеними механічними властивостями. Пружність та деформація. Тверді та надтверді сплави. Жаростійкість. Легкі та надлегкі сплави	лекція	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Опрацювати відповідні розділи рекомендованої літератури. 2 год.	6 тиждень
6	Реєстрування заряд-розрядних кривих. Дослідження циклічних характеристик метал-гідридних хімічних джерел струму.	лабораторна	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Виконати лабораторну роботу та оформити звіт. Вправи, задачі, питання, 4 год	6 тиждень
7	Теплові властивості ІМС. Ентальпія та теплоємність. Теплопровідність. Методи вимірювання ентальпії, теплоємності та теплопровідності. Диференціальний термічний аналіз (ДТА) та диференційна скануюча калориметрія. Теплове розширення сплавів.	лекція	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Опрацювати відповідні розділи рекомендованої літератури. 2 год.	7 тиждень
7	Реєстрування заряд-розрядних кривих. Дослідження циклічних характеристик літєвих хімічних джерел струму	лабораторна	Основна: 1-9 Додатк.: 1-5	Виконати лабораторну роботу та оформити звіт.	7 тиждень

				Вправи, задачі, питання, 4 год	
8	<p>Транспортні властивості інтерметалідів. Використання ІМС у резисторах, терморезисторах та у напівпровідниках. Надпровідність.</p> <p>Магнітні матеріали на основі інтерметалічних сполук. Магнітні властивості ІМС. Магнітна анізотропія. Класифікація магнетиків та методи їх дослідження.</p>	лекція	<p>Основна: 1-9 Додатк.: 1-5</p>	<p>Опрацювати відповідні розділи рекомендованої літератури. 2 год.</p>	8 тиждень
8	<p>Дослідження температурних інтервалів джерел струму. Вимірювання транспортних та магнітних характеристик сплавів.</p>	лабораторна	<p>Основна: 1-9 Додатк.: 1-5</p>	<p>Виконати лабораторну роботу та оформити звіт. Вправи, задачі, питання, 6 год</p>	8 тиждень