

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 з навчальної дисципліни
“ФУНКЦІОНАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ”,
що викладається в межах освітньо-наукової програми ХІМІЯ
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності 102 «Хімія»

Львів 2022 р.

Назва курсу	Функціональні матеріали
Адреса викладання курсу	Хімічний факультет Львівського національного університету імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія, 6
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Хімічний факультет, кафедра неорганічної хімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	10 Природничі науки 102 Хімія
Викладачі курсу	Заремба Василь Іванович, канд. хім. наук, доцент
Контактна інформація викладачів	vasyl.zaremba@lnu.edu.ua vasyl.zaremba@gmail.com +380677866004
Консультації по курсу відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю зі студентами у режимі <i>off-line</i> , адреса хімічний факультет, кафедра неорганічної хімії, ауд. 407), а також можливі <i>on-line</i> консультації через мережу MSTeams, Zoom, Viber (для додаткового узгодження слід писати на електронну пошту викладача).
Сторінка курсу	https://chem.lnu.edu.ua/course/functionalmaterials
Інформація про курс	Курс “ <i>Функціональні матеріали</i> ” є нормативною дисципліною яка викладається в 1-му семестрі з спеціальності 102 Хімія для ОНП Хімія в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація курсу	Курс розроблено таким чином, щоб пояснити студентам-магістрам характерні властивості класичних та сучасних функціональних матеріалів на основі теоретичних понять, а також окреслити їхні області та галузі застосування, шляхи оптимізації властивостей та новітні методи синтезу як органічних, так і неорганічних сполук, з метою подальшого застосування їх як функціональних матеріалів. Він покликаний сформувати спеціаліста, який не тільки володіє певною системою знань, умінь та навичок, а й уміє самостійно мислити, аналізувати, доводити, якісно і кількісно інтерпретувати властивості композиційних, порошкових, надтвердих, та магнітних матеріалів, жароміцних та аморфних сплавів, сполук з різним типом провідності та наноматеріалів, передбачувати вплив зовнішніх чинників на властивості цих сполук, оптимізувати методи синтезу цих матеріалів.
Мета та цілі курсу	<i>Метою</i> навчальної дисципліни “ <i>Функціональні матеріали</i> ” є формування в студентів уявлень про функціональні матеріали на основі неорганічних та органічних сполук, що використовуються в різних галузях промисловості, техніці та побуті. <i>Завдання</i> навчальної дисципліни “ <i>Функціональні матеріали</i> ” – розвиток у студентів навичок, необхідних для розуміння принципів функціонування матеріалів та теоретичних основ їхньої розробки.
Література для вивчення дисципліни	1. J. Emsley. <i>The Elements. 3rd Edition</i> . Clarendon Press. Oxford: 1998. – 300 p. 2. О.М. Бялік, В.С. Черненко, В.М. Писаренко, Ю.Н. Москаленко. <i>Металознавство</i> . К.: ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2008. – 384 с. 3. A.R. West. <i>Solid State Chemistry and Its Applications</i> . Vol. 1,2, Chichester: John Wiley and Sons, 1984. – 894 p. 4. В.С. Кшнякин, А.С. Опанасюк, К.О. Дядюра. <i>Основи фізичного матеріалознавства: навчальний посібник</i> . - Суми: Сумський державний університет, 2015. – 466 с.

	<p>5. О.В. Афанасьєва Функціональні матеріали оптоелектронної техніки. Частина перша. Навч. посібник. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 168 с.</p> <p>6. Магнітні матеріали Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — 120 с.</p> <p>7. А. І. Кондир Наноматеріалознавство і нанотехнології : навч. посіб. Нац. ун-т "Львів. політехніка". — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2016. — 450 с. .</p> <p>8. І. В. Курило, С. К. Губа. Основи технології напівпровідникових матеріалів – Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. – 240 с.</p> <p>9. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка. Підручник. — Львів: Афіша, 2001. — 424 с.</p> <p>10. Я. Довгий. Чарівне явище – надпровідність. Львів: Євросвіт, 2000. – 440 с.</p> <p>11. С.А. Неділько, О.Г. Дзязько, М.А. Зеленько. Високотемпературна надпровідність. К.: ВПЦ “Київський університет”, 2010. – 191 с.</p> <p>12. Intermetallic Compounds. Eds. J.H. Westbrook, R.L. Fleischer, Vol. 1,2, Chichester: John Wiley & Sons, 1993. – 754 p.</p> <p>13. Окремі статті в наукових журналах <i>Materials Letters, Chemistry of Metals and Alloys, Chemistry of Materials, Journal of Material Chemistry, Materias Research Letters, Advanced Materaials</i>.</p> <p>Допоміжна:</p> <p>Періодичні видання</p> <ol style="list-style-type: none"> Advanced Materials Materials Today Physics Materials Research Letters Journal of Alloys and Compounds Angewandte Chemie Nano Letters Applied Electronic Materials <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> P. Villars, K. Cenzual (Eds.), <i>Pearson’s Crystal Data – Crystal Structure Database for Inorganic Compounds</i>, Release 2013/14, ASM International, Materials Park (OH). www.sciencedirect.com. http://onlinelibrary.wiley.com. www.degruyter.com www.pubs.acs.org
<p>Обсяг курсу</p>	<p>180 год. З них 64 год аудиторних занять, з яких 32 год лекцій, 32 год лабораторних занять, та 116 год самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>В результаті вивчення цього курсу студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основні класи сполук за галузями практичного використання; - будову складових різних типів композиційних матеріалів; - структуру сплавів зі спеціальними властивостями; - методи виготовлення порошкових матеріалів;

- особливості будови надміцних матеріалів на основі алмазів та модифікацій нітриду бору;
- класифікацію, основні характеристики провідників та діелектриків;
- класифікацію, методи синтезу та галузі застосування надпровідних матеріалів;
- основні типи класичних та сучасних напівпровідникових матеріалів;
- будову складових магнітотвердих і магнітом'яких матеріалів;
- методи виготовлення матеріалів для магнітного запису;
- методи отримання та особливості наноструктурованих об'єктів.

вміти:

- характеризувати різноманітні матеріалами (структурні, техніко-економічні параметри);
- пояснювати принципи їхнього функціонування;
- застосовувати методи утилізації відпрацьованих матеріалів;
- аналізувати взаємозв'язки між складом, структурою та властивостями сполук з метою оптимізації властивостей існуючих матеріалів і пошуку нових матеріалів.

Навчальна дисципліна **“Функціональні матеріали”** покликана формувати у студентів сукупність загальних та спеціальних (фахових) компетентностей та досягнути програмних результатів навчання.

В результаті успішного проходження курсу студент набуде **загальні компетентності:**

ЗК 1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 9. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

ЗК 13. Здатність до активного збереження довкілля.

ЗК 14. Здатність до пошуку, критичного аналізу та обробки інформації з різних джерел.

та **спеціальні фахові компетентності:**

СК 4. Здатність інтерпретувати, об'єктивно оцінювати і презентувати результати свого дослідження.

СК 6. Здатність здобувати нові знання в галузі хімії та інтегрувати їх із уже наявними.

СК 7. Здатність дотримуватися етичних стандартів досліджень і професійної діяльності в галузі хімії (академічна доброчесність, ризики для людей і довкілля тощо).

	<p>Програмні результати навчання (ПРН):</p> <p>ПРН 1. Знати і розуміти наукові концепції та сучасні теорії хімії, а також фундаментальні основи суміжних наук.</p> <p>ПРН 2. 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>ПРН 3. Застосовувати отримані знання і розуміння для вирішення нових якісних та кількісних задач хімії.</p> <p>ПРН 8. Вміти ясно і однозначно донести результати власного дослідження до фахової аудиторії та/або нефахівців.</p> <p>ПРН 9. Збирати, оцінювати та аналізувати дані, необхідні для розв'язання складних задач хімії, використовуючи необхідні методи та інструменти роботи з даними.</p> <p>ПРН 12. Оцінювати ризики у професійній діяльності та здійснювати запобіжні дії.</p>
Ключові слова	Функціональні матеріали, фізичні властивості сполук, композити, наноматеріали
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних занять та консультації для кращого розуміння тем
Теми	<p>Тема 1. Класифікація неорганічних сполук за галузями практичного використання. Основні визначення та класифікація композиційних матеріалів.</p> <p>Класифікація неорганічних сполук за галузями практичного використання. Основні визначення та класифікація композиційних матеріалів. Методи отримання КМ та області застосування.</p> <p>Тема 2. Металічні композиційні матеріали. Вуглець-вуглецеві та керамічні композиційні матеріали. Кермети.</p> <p>Металічні композиційні матеріали. Композиційні матеріали з металічними матрицями. Шаруваті композити на основі інтерметалічних сполук. Термічно стабільні композити на основі тугоплавких металів. Основні класифікаційні ознаки вуглецевих матеріалів. Армуючі каркаси вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів. Формування та характеристики вуглецевої матриці. Застосування ВВКМ. Загальна характеристика керамічних композиційних матеріалів. Кераміко-металічні композиційні матеріали – кермети.</p> <p>Тема 3. Конструкційні та функціональні матеріали на основі сплавів.</p> <p>Чавуни та сталі. Броньовані сталі. Сплави на основі міді. Конструкційні сплави для атомної енергетики. Алюмінійвмісні функціональні сплави. Фрикційні та антифрикційні матеріали.</p> <p>Тема 4. Порошкова металургія. Методи синтезу та основні характеристики порошкових матеріалів. Порошкові керамічні матеріали.</p> <p>Основні характеристики порошкових матеріалів. Порошкові матеріали на основі металів, їхні характеристики та виробництво. Леговані порошкові сталі. Порошкові кераміки.</p> <p>Тема 5-6. Жароміцні та корозійностійкі сплави. Аморфні матеріали. Скло.</p> <p>Жаростійкі сплави. Суперсплави та інтерметаліди. Жаро- та високостійкі алюмінієві сплави. Конструкційні сталі та сплави</p>

	<p>підвищеної надійності. Аморфні металічні сплави і матеріали. Скло, його типи та галузі застосування.</p> <p>Тема 7. Надтверді матеріали. Сучасний рівень досліджень і виробництва надтвердих матеріалів. Надміцні полікристали з графіту, їхній синтез. Надміцні алмазні полікристали для виробництва інструментів. Вирощування монокристалів алмазу. Нітрид бору, його властивості та матеріали на його основі. Надтверді бориди і силіциди.</p> <p>Тема 8. Провідникові матеріали. Класифікація та основні властивості провідникових матеріалів. Характеристика та види основних промислових провідникових матеріалів.</p> <p>Тема 9-10. Надпровідні матеріали, їхня класифікація, основні характеристики та області застосування. Класичні та високотемпературні надпровідники. Основні характеристики (критичні параметри) надпровідників. Методи синтезу надпровідної кераміки та виготовлення надпровідних дротів і стрічок. Створення великих електромагнітних систем та інше застосування надпровідників. Надпровідність у інтерметалічних сполуках. Органічні надпровідники.</p> <p>Тема 11-12. Матеріали для електроніки. Класичні та сучасні напівпровідникові матеріали. Проблеми технології та матеріалознавства напівпровідників. Вирощування епітаксійних структур. Тонкоплівкові матеріали. Матеріали для сонячної енергетики.</p> <p>Тема 13. Діелектрики. Види та основні характеристики промислових діелектриків. Загальні відомості про діелектрики, їх основні характеристики. Електропровідність діелектриків. Фізико-хімічні та механічні властивості. Види та характеристика промислових діелектриків.</p> <p>Тема 14. Магнітні матеріали. Магнітотверді та магнітом'які матеріали, їхні основні характеристики та класифікація. Матеріали для магнітного запису. Ферити. Гранати. Магнітострикційні матеріали.</p> <p>Тема 15-16. Нанокристалічні матеріали. Нанопорошки – отримання та властивості. Об'ємні наноструктуровані матеріали. Нановолокна, нанодропи та нанотрубки. Фуллерени. Графен. Практичне застосування наноматеріалів.</p>
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру Письмовий
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін “Неорганічна хімія”, “Фізична хімія”, “Кристалохімія”, “Застосування знань”, “Прикладна кристалохімія”.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції у форматі презентацій, наукові дискусії
Необхідне обладнання	Ноутбук, мультимедійний проектор. Автоматичний рентгенівський порошковий дифрактометр Stoe Stadi P Скануючий електронний мікроскоп Tescan Vega 3 LMU, оснащений стандартним SE детектором вторинних електронів та детектором зворотно розсіяних електронів BSE. Рентгенівський енергодисперсійний спектрометр Oxford X-MAX20 ^N виробництва Oxford Instruments NanoAnalysis.

	<p>Муфельна піч МП-60. Стаціонарний твердомір NOVOTEST ТС-МКВ. Лабораторний рентгенфлуоресцентний аналізатор ElvaX Pro.</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Контроль знань здійснюється за результатами виконання лабораторних робіт та двох доповідей-презентацій (разом 30 балів), модульної контрольної роботи (20 балів) та іспиті (50 балів).</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку вони зобов'язані дотримуватися усіх строків визначених для виконання усіх видів письмових робіт, передбачених курсом.</p> <p>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 використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на семінарах, бали отримані за результатами модульної контрольної роботи та бали, отримані на іспиті. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття. Недопустиме користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними засобами під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Композиційні матеріали в автомобіле-, авіа- та суднобудуванні. 2. Керамікометалічні матеріали - кермети. Класифікація, основні характеристики та області застосування. 3. Спеціальні сплави для виміральної та нагрівальної апаратури. 4. Сучасні порошкові металокерамічні матеріали. Методи синтезу, основні характеристики та галузі застосування. 5. Поліморфізм, структурні та фізико-хімічні характеристики нітриду бору. Надтверді матеріали на основі кубічної та гексагональної модифікацій BN та їх застосування. 6. Провідність матеріалів, класифікація та основні характеристики. Промислові провідникові матеріали, їх застосування. 7. Високотемпературні надпровідники на основі міді: структурні особливості, критичні температури. Промислові високотемпературні надпровідники. 8. Основні класи неорганічних напівпровідників. Характеристика, методи синтезу та галузі застосування. 9. Лазери. Будова і основні характеристики твердотільних лазерів, застосування в оптоелектроніці та військових технологіях. Лазери в побуті. 10. Діелектрики, їх класифікація. Сегнетоелектричні матеріали. 11. Основні магнітотверді матеріали. Магнітотверді матеріали на основі сполук рідкісноземельних та 3d-перехідних металів. Промислові магніти. 12. Графен. Відкриття, будова, властивості та сфери застосування. Похідні графену.
	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

Таблиця 1. Схема курсу

Тижень день	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності	Література. ***Ресурси в інтернеті	Завдання, години	Термін виконання
1	Тема 1. Класифікація неорганічних сполук за галузями практичного використання. Основні визначення та класифікація композиційних матеріалів (КМ).	Лекції, лабораторні заняття	Базова: 1.Ch. Kittel, Introduction to Solid State Physics. 8th Ed. – N.J.: John Wiley & Sons, Inc, 2005 2.N.W. Ashcroft, N.D. Mermin, Solid State Physics. – Saunders, 1976. 3.Довгий Я. Чарівне явище надпровідність. - Львів: Євросвіт, 2000.	ЛР. Ознайомлення з основними класами КМ. ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Вересень
2	Тема 2. Металічні композиційні матеріали. Композиційні матеріали з металічними матрицями. Шаруваті композити на основі інтерметалічних сполук. Термічно стабільні композити на основі тугоплавких металів. Основні класифікаційні ознаки вуглецевих матеріалів. Армуючі каркаси вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів. Формування та характеристики вуглецевої матриці. Застосування ВВКМ. Загальна характеристика керамічних композиційних матеріалів. Кераміко-металічні композиційні матеріали – кермети.	Лекції, лабораторні заняття	4.A.R. West, Basic Solid State Chemistry, 2nd Ed., – N.J.: John Wiley & Sons, Ltd, 1999 5.K.H.J Buschow., F.R. de Boer, Physics of magnetism and magnetic materials. – N.Y.: Kluwer Academic Publishers, 2004. 6.S. Blundell, Magnetism in Condensed Matter. - N.Y.: Oxford University Press, 2001. 7. М. Азаренков, В. М. Береснєв, А. Д. Погребняк та ін. Наноматеріали, нанопокриття,	ЛР. Порівняльний аналіз представників ВВКМ та керметів на основі даних електронної скануючої мікроскопії. ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Вересень
3	Тема 3. Конструкційні та функціональні матеріали на основі сплавів. Чавуни та сталі. Броньовані сталі. Конструкційні сплави для атомної енергетики. Алюмінійвмісні функціональні сплави. Сплави на основі міді. Фрикційні та антифрикційні матеріали.	Лекції, лабораторні заняття	нанотехнології – 21 Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2009. – 209 с. 8.P. Villars, K. Cenzual, R. Gladyshevskii, Handbook of Inorganic Substances 2015. – Berlin: Walter de Gruyter, 2015. 9.R.E. Gladyshevskii, K. Cenzual, Crystal Structures of Classical Superconductors, in: Handbook of Superconductivity, Ch. 6, Academic Press, 2000.	ЛР. Мікρο-структурний аналіз промислових силумінів та бабітів. ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Вересень
4	Тема 4. Порошкова металургія. Методи синтезу та основні характеристики порошкових матеріалів. Порошкові керамічні матеріали. Основні характеристики порошкових матеріалів. Порошкові матеріали на основі металів, їхні характеристики та виробництво. Леговані порошкові сталі. Порошкові кераміки.	Лекції, лабораторні заняття	10. G. S. Nolas, J. Sharp, H. J. Goldsmid, Thermoelectrics–Basic Principles and New Materials Developments, Springer, 2001. 10. Энциклопедия неорганических материалов. Т.1, 2. – Киев: УСЭ, 1977. 11. J. Emsley. The Elements. 3rd Edition. Clarendon Press. Oxford: 1998.	ЛР. Твердо-фазний синтез та фазовий аналіз нових керамік складу (Sr,ЛЗМ)CoO ₃ ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Жовтень
5-6	Теми 5-6. Жароміцні та корозійностійкі сплави. Аморфні матеріали. Скло. Жаростійкі сплави. Суперсплави та інтерметаліди. Жаро-та високостійкі алюмінієві сплави. Конструкційні сталі та сплави підвищеної надійності. Аморфні металічні сплави і матеріали. Скло, його типи та галузі застосування.	Лекції, лабораторні заняття	12.A.R. West. Solid State Chemistry and Its Applications. Vol. 1,2, Chichester: John Wiley and Sons, 1984.	ЛР. Визначення параметрів ближнього порядку у АМС системи Y-Ni-Al ЛК – 4 год, ЛР – 4 год, СР – 13 год	Жовтень

7	Тема 7. Надтверді матеріали. Основні характеристики надтвердих матеріалів на основі алмазу та поліморфних модифікацій нітриду бору. Сучасні надтверді матеріали. Надтверді бориди і силіциди.	Лекції, лабораторні заняття	Допоміжна: Періодичні видання 1. Chemistry of Metals and Alloys – Хімія металів і сплавів 2. Nature Materials 3. Advanced Materials 4. Materials Today Physics 5. Materials Research Letters 6. Journal of Alloys and Compounds	ЛР. Поміри мікротвердості нових борокарбідів РЗМ. ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Жовтень
8	Тема 8. Провідникові матеріали. Властивості провідників. Основні промислові провідникові матеріали.	Лекції, лабораторні заняття	7. Angewandte Chemie 8. Chemistry of Materials 9. Applied Electronic Materials Інформаційні ресурси: 1. P. Villars, K. Cenzual (Eds.), Pearson's Crystal Data – Crystal Structure Database for Inorganic Compounds, Release 2013/14, ASM International, Materials Park (OH).	ЛР. Поміри електропровідності промислових провідникових матеріалів. ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Жовтень
9-10	Теми 9-10. Надпровідні матеріали, їхня класифікація, основні характеристики та області застосування. Характеристика надпровідного стану. ВТНП. Синтез надпровідних матеріалів. Надпровідність в ІМС. Органічні надпровідники.	Лекції, лабораторні заняття	2. www.sciencedirect.com. 3. http://onlinelibrary.wiley.com. 4. www.degruyter.com 5. www.pubs.acs.org	ЛР. Синтез та фазовий аналіз надпровідникових матеріалів складу $Ce(Co, Ir)In_5$ ЛК – 4 год, ЛР – 4 год, СР – 13 год	Листопад
11-12	Теми 11-12. Матеріали для електроніки. Класичні та сучасні напівпровідникові матеріали. Проблеми технології та матеріалознавства напівпровідників. Тонкоплівкові матеріали. Матеріали сонячної енергетики.	Лекції, лабораторні заняття		ЛР. Ознайомлення та аналіз характеристик сучасних матеріалів для сонячних панелей. ЛК – 4 год, ЛР – 4 год, СР – 13 год	Листопад
13	Тема 13. Діелектрики. Види та основні характеристики промислових діелектриків. Загальна характеристика діелектриків. Основні типи промислових діелектриків.	Лекції, лабораторні заняття		ЛР. Фазовий аналіз слюди. ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Листопад
14	Тема 14. Магнітні матеріали. Магнітотверді та магнітом'які матеріали. Ферити. Гранати. Магнітострикційні матеріали.	Лекції, лабораторні заняття		ЛР. Фазовий аналіз гранатів складу $Y_{3-x}Gd_xAl_5O_{12}$ ЛК – 2 год, ЛР – 2 год, СР – 8 год	Грудень
15-16	Теми 15-16. Нанокристалічні матеріали. Нанопорошки – отримання та властивості. Об'ємні наноструктуровані матеріали. Нановолокна, нанодропи та нанотрубки. Фулерени. Графен.	Лекції, лабораторні заняття		ЛР. Порівняльний аналіз кремнезему, титанії та глинозему і їх нанопорошків	Грудень

				<i>методом порошкової дифракції. ЛК – 4 год, ЛР – 4 год, СР – 13 год</i>	
--	--	--	--	--	--