

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Фізичний факультет
Кафедра фізики металів

Затверджено

на засіданні кафедри фізики металів
фізичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 7 від 26 червня 2023 року)

Завідувач кафедри



проф. Степан МУДРИЙ

Силабус
з навчальної дисципліни
«Фізичні основи термічних методів аналізу»,
що викладається в межах ОНП «Експериментальна фізика»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності 104 «Фізика та астрономія»

Львів 2023

Назва дисципліни	Фізичні основи термічних методів аналізу
Адреса викладання дисципліни	Львівський національний факультет імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія, 8, 79005, м. Львів
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Фізичний факультет, кафедра фізики металів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань – 10 Природничі науки Спеціальність – 104 Фізика та астрономія
Викладач дисципліни	Щерба Іван Дмитрович, д-р фізико-математичних наук, професор, професор кафедри фізики металів
Контактна інформація викладача	ishcherba@gmail.com, ivan.shcherba@lnu.edu.ua https://physics.lnu.edu.ua/employee/scherba
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в очній формі в день проведення лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі консультації через електронну пошту або онлайн засобами Microsoft Teams.
Сторінка курсу	https://physics.lnu.edu.ua/course/fizychni-osnovy-termichnykh-metodiv-analizu-104-fizyka-ta-astronomiia-op-eksperimentalna-fizyka
Інформація про дисципліну	«Фізичні основи термічних методів аналізу» є нормативною дисципліною для підготовки магістра за спеціальністю 104 «Фізика та астрономія», що викладається в III семестрі в обсязі 3 кредити (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Фізичні основи термічних методів аналізу» знайомить студентів з основними методами термічного аналізу в матеріалознавстві й суміжних розділах науки, а також розкриває їхню фізичну суть. В рамках курсу студенти ознайомляться з різними методами термічного аналізу (ДТА, калориметрія, термогравіметрія, ДСК та ін.), а також з їхнім прикладним застосуванням в різних областях науки й техніки.
Мета та цілі дисципліни	Метою даної дисципліни є опанування студентами теоретичних знань і практичних вмінь та навичок, які будуть потрібні для вирішення професійних завдань та науково-дослідної діяльності, що стосуються вивчення різних матеріалів за допомогою методів термічного аналізу. Завданням курсу є оволодіння студентами методами термічного аналізу як одного з доступних фізико-хімічних способів дослідження речовини, а також здатність інтерпретувати отримані дані і робити по них висновки про властивості досліджуваних матеріалів.
Література для вивчення дисципліни	Базова: 1. Луцик Я. Т. Вимірювання температури: теорія та практика./ Я. Луцик, О. Гук, О. Лах, Б. Стадник. – Львів: Видавництво «Бескид Біт», 2006. – 560 с. 2. Gaisford S. Principles of Thermal Analysis and Calorimetry: 2nd Edition/, S. Gaisford, V. Kett, P. Haines. – Royal Society of Chemistry, 2016, 268 p. 3. Jannot Y. Thermal Properties Measurement of Materials./ Y. Jannot, A. Degiovanni. – Wiley, 2018. – 352 p. Допоміжна: 1. Дворкін Л. Й., Скрипник І. Г. Фізико-хімічні і фізичні методи досліджень будівельних матеріалів. Навчальний посібник./ Л. Дворкін, І. Скрипник. – Рівне: НУВГП, 2006. – 220 с. 2. Стадник Б. І. Інструкції до лабораторних робіт з курсу: «Основи термометрії»/ Укл. Б. Стадник, Я. Луцик, П. Скоропад. – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 1999. – 46 с.

	<p>3. Співак О. Ю. Теплотехнічні вимірювання, метрологія та стандартизація: лабораторний практикум/ О. Співак. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 110 с.</p> <p>4. Мудрий С. І., Штаблавий І. І. Фізичне матеріалознавство. Навчальний посібник./ С. Мудрий, І. Штаблавий. – Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2012. – 418 с.</p> <p>5. Болеста І. М. Фізика твердого тіла. Навчальний посібник./ І. Болеста. – Львів: ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2003. – 480 с.</p> <p>6. Солтис І. В., Деревянчук О. В. Основи метрології. Навчальний посібник./ І. Солтис, О. Деревянчук. – Чернівці, Чернівецький національний університет, 2021. – 152 с.</p> <p>Додаткові матеріали також буде запропоновано для кожної теми окремо.</p> <p>Інформаційні ресурси:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Національна бібліотека України імені Володимира Вернадського; 2. Львівська національна наукова Бібліотека України імені Василя Стефаника; 3. Наукова бібліотека Львівського національного університету імені Івана Франка; 4. Вікіпедія
Тривалість курсу	Один семестр
Обсяг курсу	90 годин (3 кредити), з них 32 години аудиторних занять (16 год лекцій, 16 год лабораторних) й 58 год самостійної роботи
Очікувані результати навчання	<p>В результаті вивчення даного курсу студенти повинні знати: фізичну суть термічних методів аналізу, основні методи термічного аналізу, а також їхні головні особливості й відмінності;</p> <p>вміти: організувати експерименти методів термічного аналізу, враховувати залежність кривої ТА від різних факторів, оцінювати точність і надійність кількісного ТА, пояснювати фізичний зміст спостережуваних явищ.</p> <p>В результаті успішного проходження курсу студент набуде такі <i>загальні компетентності:</i></p> <p>здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК01); знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК02); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК03); здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології (ЗК05); здатність проведення досліджень на відповідному рівні (ЗК07).</p> <p>та <i>спеціальні (фахові) компетентності:</i></p> <p>здатність використовувати закони та принципи фізики та/або астрономії у поєднанні із потрібними математичними інструментами для опису природних явищ (СК01); здатність формулювати, аналізувати та синтезувати рішення наукових проблем у галузі фізики та/або астрономії (СК02); здатність сприймати новоздобуті знання у галузі фізики та астрономії та інтегрувати їх з уже наявними, а також самостійно опановувати знання та навички, необхідні для розв'язання складних задач і проблем у нових для себе деталізованих предметних галузях фізики та/або астрономії й дотичних до них міждисциплінарних областях (СК05); здатність формулювати нові гіпотези та наукові задачі у галузі фізики та астрономії, вибирати відповідні методи для їх розв'язання, беручи до уваги наявні ресурси (СК08); здатність ефективно використовувати на практиці сучасні теорії методи</p>

	<p>управління наукою та ділового адміністрування (СК09); здатність використовувати фізичну апаратуру та обладнання (СК11); здатність обирати відповідні методи фізичного аналізу для вузьконапрявленого вивчення конкретних об'єктів досліджень (СК12); здатність виявляти й тлумачити основні закономірності поведінки фізичних величин і процесів, ґрунтуючись на одержаних експериментальних даних (СК13).</p> <p>Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі <i>програмні результати навчання</i>: використовувати концептуальні та спеціалізовані знання і розуміння актуальних проблем і досягнень обраних напрямів сучасної теоретичної та експериментальної фізики та/або астрономії для розв'язання складних задач і практичних проблем (РН01); проводити експериментальні та/або теоретичні дослідження з фізики та астрономії, аналізувати отримані результати в контексті існуючих теорій, робити аргументовані висновки (включаючи оцінювання ступеня невизначеності) та пропозиції щодо подальших досліджень(РН02); обирати і використовувати відповідні методи обробки та аналізу даних фізичних та/або астрономічних досліджень і оцінювання їх достовірності (РН04); обирати ефективні математичні методи та інформаційні технології та застосовувати їх для здійснення досліджень та/або інновацій у галузі фізики та/або астрономії (РН06); аналізувати та узагальнювати наукові результати з обраного напрямку фізики та/або астрономії, відслідковувати найновіші досягнення в цьому напрямі, взаємокорисно спілкуючись з колегами(РН09); відшукувати інформацію і дані, необхідні розв'язання складних задач фізики та/або астрономії, використовуючи різні джерела, зокрема, наукові видання, наукові бази даних тощо, оцінювати та критично аналізувати отриману інформацію та дані (РН10); застосовувати теорії, принципи і методи фізики та/або астрономії для розв'язання складних міждисциплінарних наукових і прикладних задач (РН11); застосовувати спеціальну фізичну апаратуру й обладнання для вимірювання фізичних величин (РН17); вміння обробити, проаналізувати та пояснити фізичну інформацію, одержану за допомогою методів x-променевої дифракції, люмінесцентної й оптичної спектроскопії, моделювання, електронної мікроскопії, термічного аналізу (РН19); дотримуватися вимог безпеки життєдіяльності й охорони праці під час експлуатації лабораторного обладнання (РН20).</p>
Ключові слова	Теплота, ентальпія, фазові переходи, термопара, калориметрія, термоелектричні явища, термометрія.
Формат курсу	Очний
Теми	Наведено у Таблиці 1
Підсумковий контроль, форма	Іспит в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти мають мати знання з математичного аналізу, молекулярної фізики, електрики та магнетизму, фізики твердого тіла, матеріалознавства, кристалографії, фізики неупорядкованих систем та ін.
Навчальні методи та техніки, які буде	Дискусія, пошукова бесіда, робота у малих групах.

використано під час викладання курсу															
Необхідне обладнання	Лабораторні прилади (установки для ДТА, ДСК, електронні ваги, термопари...), персональний комп'ютер, загальнонавчальні комп'ютерні програми й операційні системи.														
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • поточний контроль: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів - 50; <p>Поточний контроль включає в себе оцінювання лабораторних робіт студентів. Слід виконати 5 робіт, які передбачають самопідготовку, виконання роботи в лабораторії, необхідні обчислення отриманих результатів, оформлення звіту та усний захист. Максимальна оцінка за кожну роботу – 10 балів.</p> <p style="text-align: center;">Шкала оцінювання лабораторної роботи</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Бали</th> <th>Критерії оцінювання</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10-9</td> <td>Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Допускалися незначні неточності у формулюваннях відповідей або при оформленні звіту. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.</td> </tr> <tr> <td>8-7</td> <td>Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт. При оформленні допущено незначні помилки, самостійно зробив висновки, на захисті продемонстрував достатній рівень знань.</td> </tr> <tr> <td>6-5</td> <td>Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт, де допущені помилки з оформлення, зробив неповний висновок, на захисті продемонстрував середній рівень знань.</td> </tr> <tr> <td>4-3</td> <td>Студент виконав експеримент частково з допомогою лаборанта/викладача відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.</td> </tr> <tr> <td>2-1</td> <td>Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Здобувач не представив до захисту звіт з відповідної тематичної лабораторної роботи.</td> </tr> </tbody> </table> <p>У разі відсутності студента під час проведення лабораторних занять з поважних причин йому надається право на відпрацювання. У всіх інших випадках відсутність здобувача на лабораторних заняттях автоматично</p>	Бали	Критерії оцінювання	10-9	Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Допускалися незначні неточності у формулюваннях відповідей або при оформленні звіту. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.	8-7	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт. При оформленні допущено незначні помилки, самостійно зробив висновки, на захисті продемонстрував достатній рівень знань.	6-5	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт, де допущені помилки з оформлення, зробив неповний висновок, на захисті продемонстрував середній рівень знань.	4-3	Студент виконав експеримент частково з допомогою лаборанта/викладача відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.	2-1	Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.	0	Здобувач не представив до захисту звіт з відповідної тематичної лабораторної роботи.
Бали	Критерії оцінювання														
10-9	Здобувач самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи в повному обсязі, грамотно обробив результати експерименту. Склавши письмовий звіт, зробив обґрунтований висновок. На захисті продемонстрував глибокий рівень знань з тематичної лабораторної роботи. Допускалися незначні неточності у формулюваннях відповідей або при оформленні звіту. Більш високим рівнем вважається виконання роботи (за можливості) за самостійно складеним оригінальним планом і обґрунтування його вибору.														
8-7	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив математично результати експерименту, склав письмовий звіт. При оформленні допущено незначні помилки, самостійно зробив висновки, на захисті продемонстрував достатній рівень знань.														
6-5	Студент самостійно провів експеримент відповідно до ходу роботи, обробив з деякими математичними помилками результати експерименту, склав письмовий звіт, де допущені помилки з оформлення, зробив неповний висновок, на захисті продемонстрував середній рівень знань.														
4-3	Студент виконав експеримент частково з допомогою лаборанта/викладача відповідно до ходу роботи. Одержані результати дають можливість сформулювати правильні висновки або їх частину. Під час математичної обробки та оформлення роботи допущено суттєві помилки. На захисті тематичної лабораторної роботи продемонстровано задовільний рівень знань.														
2-1	Студент провів експеримент з допомогою лаборанта/викладача, частково обробив результати експерименту, склав письмовий звіт без належного оформлення, на захисті продемонстрував базовий рівень знань.														
0	Здобувач не представив до захисту звіт з відповідної тематичної лабораторної роботи.														

зараховується йому як незадовільна оцінка (0 балів) за відповідну тематичну лабораторну роботу. Незадовільну оцінку студент має право перескласти. Додатковий термін перездачі призначає викладач.

Додаткові бали можна отримати за результатами неформального та/або інформального навчання по тематиці даного курсу. Визнання та зарахування результатів такого навчання відбувається у відповідності до наданих документів про неформальне та/або інформальне навчання. Також до 10 додаткових балів включно можна отримати через наукову роботу здобувача, куди входить написання тез, статей, участь у міжнародних, всеукраїнських та/або інших заходах або конкурсах за тематикою навчальної дисципліни.

- підсумковий контроль (іспит): 50% семестрової оцінки.

Підсумковий контроль здійснюється у формі іспиту з врахуванням накопичених балів протягом семестру в процесі поточного контролю.

На іспит виносяться 2 описові питання, з максимальною оцінкою в 10 балів кожне і тести з максимальною сумарною оцінкою 30 балів. Максимальна кількість балів за іспит – 50.

Критерії оцінювання описових питань іспиту

Критерії	Бали
Студент продемонстрував глибокий рівень розуміння матеріалу. Під час відповіді використовував формули, означення, приводив доведення, вільно володів фізичними концепціями. Розглянуто всі аспекти поставленого запитання. Відповіді були достатньо аргументовані, чіткі й логічні, містили всі необхідні елементи й деталі. Допускалися деякі неточності формулювань.	10-9
Здобувач продемонстрував достатній або середній рівень фізичних знань під час відповіді на запитання. Наведено формули й означення без їхнього повного кінцевого розуміння. Відповіді на певні аспекти питання були в основному правильні, але недостатньо фізично обґрунтовані, допускалися математичні помилки й неточності означень.	8-6
Здобувачем продемонстровано задовільний або базовий рівень знань з питання, яке у відповіді не розглянуто з усіх необхідних точок зору. Крім значних математичних помилок, траплялися випадки, пов'язані з помилковою фізичною інтерпретацією певного аспекту питання.	5-1

Підсумкова максимальна кількість балів – 100.

Академічна добросовісність здобувачами вищої освіти передбачає самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання. Списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недобросовісності. Виявлення ознак академічної недобросовісності в письмовій чи усній роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів обману.

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають і виконають усі 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 робіт, передбачених курсом.

Література. Усю літературу, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надано викладачами виключно в освітніх цілях без права її передавання третім особам. Студенти заохочуються до використання

	<p>також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на лабораторних роботах в процесі поточного контролю. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях, не пов'язаних із навчанням; списування та плагіат; несвочасне виконання поставленого завдання і т. ін.</p> <p>Жодні форми академічної недоброчесності не толеруються.</p>
<p>Питання до іспиту</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Теплообмін, види теплообміну. Порівняльна характеристика теплопередачі в різних агрегатних станах. Основні означення та рівняння. Застосування теплопередачі в науці й техніці. 2. Поняття температури в термодинаміці й статистичній фізиці. Термодинамічна шкала температур. Шкали температури. Методи та засоби вимірювання температури. Контактні та безконтактні способи. 3. Механізм теплопровідності в твердих тілах. Рівняння теплопровідності. Фонони. 4. Теплоємність в твердих тілах. Квантова теорія теплоємності твердих тіл. 5. Теплове випромінювання. Закони теплового випромінювання. Безконтактний спосіб вимірювання температури. Пірометри. Температурні межі вимірювань для різних типів пірометрів. 6. Термоелектричні явища. Основні закони термоелектрики. Застосування термоелектричних явищ в науці й техніці. 7. Термоелектричні термометри (термопари). Будова і принцип дії термопар. Типи термопар. Сплави для термопар. Температурні межі вимірювань для термопар. 8. Прості, диференційні, комбіновані термопари. Градування термопар. 9. Термічний аналіз. Основні положення якісного й кількісного термічного аналізу. Огляд сучасних методів ТА, їх можливостей та сфер застосування. Температурні й диференціальні криві. 10. Диференціальний термічний аналіз (ДТА). Теорія методу ДТА. Основні рівняння опису зміни температури зразка від умов нагріву й параметрів середовища. Залежність форми кривих ДТА від впливу різних факторів (атмосфери печі, швидкості нагріву, впливу маси зразка). 11. Визначення методом ДТА ентальпії фізичних процесів. Оцінка точності та достовірності кількісного ДТА. Области застосування ДТА. 12. Диференціальна скануюча калориметрія (ДСК). Теорія методу ДСК. 13. Калориметри. Класифікація калориметрів за режимом і методом вимірювання, конструкцією приладу. Теплопередача в калориметричних системах. Градування в калориметрах. 14. Ізотермічний, адіабатний та скануючий режими калориметрів. 15. Теплоємність і прихована теплота. Розрахунок теплоти плавлення і кристалізації. Розрахунок термодинамічних функцій на основі даних теплоємності. 16. Калориметричне дослідження фазових переходів речовини в конденсованому стані. 17. Термогравіметричний аналіз (ТГА) і диференціальний

	<p>термогравіметричний аналіз (ДТГА). Теорія методу ТГА.</p> <p>18. Фазові діаграми. Методи ТА, що використовуються для побудови фазових діаграм. Характеристика основних типів діаграм стану конденсованих бінарних систем.</p> <p>19. Діаграми стану з евтектикою. Приклади і застосування.</p> <p>20. Діаграми стану з необмеженою розчинністю компонент в рідкому стані.</p> <p>21. Діаграми стану з хімічними сполуками.</p> <p>22. Діаграма стану Fe-C.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Таблиця 1

Схема курсу «Фізичні основи термічних методів аналізу»

Тижень	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Л-ра	Завдання	Термін виконання
1-4	Тема 1. Теплообмін. Види теплообміну. Основні означення та рівняння. Температура в термодинаміці й статистичній механіці. Методи та засоби вимірювання температури. Контактні та безконтактні способи. Структурна схема основних контактних та пірометричних термометрів.	Лекції – 4 год, лабораторні – 4 год, самостійна робота – 9 год	Б: 1-3 Д: 1, 2,3,6	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу Підготовка до лабораторної роботи	4 тижні
5-6	Тема 2. Термоелектричні явища. Механізми термо-ерс в металах і сплавах. Сплави для термопар. Ефект Зеебека та коефіцієнт Зеебека для деяких матеріалів термопар. Градувальна таблиця і точність термопар.	Лекції – 2 год, лабораторні – 2 год, самостійна робота – 5 год	Б: 1 Д: 1-3	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу Підготовка до лабораторної роботи	2 тижні
7-10	Тема 3. Вступ в термічний аналіз (ТА). Основні поняття й означення в ТА. Огляд сучасних методів ТА, їх можливостей та сфер застосування. Температурні й диференціальні криві. Диференціальний термічний аналіз (ДТА). Теорія методу ДТА. Основні рівняння опису зміни температури зразка від умов нагріву й параметрів середовища. Залежність форми кривих ДТА від впливу різних факторів (атмосфери печі, швидкості нагріву, впливу маси зразка). Визначення методом ДТА ентальпії фізичних процесів. Оцінка точності та достовірності кількісного ДТА. Области застосування ДТА. Каталоги кривих ДТА.	Лекції – 4 год, лабораторні – 4 год, самостійна робота – 16 год	Б: 2, 3 Д: 1, 4,5	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу Підготовка до лабораторної роботи Підготовка звітів до захисту лабораторних робіт	4 тижні
11-12	Тема 4. Диференціальна скануюча калориметрія (ДСК). Теорія методу ДСК. Апаратура ДСК. Типи	Лекції – 2 год, лабораторні – 2 год	Б: 2,3 Д: 6	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу	2 тижні

Тиж день	Тема занять (перелік питань)	Форма діяльності та обсяг годин	Л-ра	Завдання	Термін виконання
	калориметрів. Основні характеристики диференційних скануючих калориметрів. Високотемпературні термоаналізатори. Фактори, що впливають на результати вимірювань. Застосування ДСК.	самостійна робота – 9 год		Підготовка до лабораторної роботи Підготовка до захисту лабораторних робіт	
13–14	Тема 5. Термогравіметричний аналіз (ТГА) і диференціальний термогравіметричний аналіз (ДТГА). Теорія методу ТГА. Залежність форми кривих термогравіметричних кривих від різних факторів.	Лекції – 2 год, лабораторні – 2 год, самостійна робота – 9 год	Б: 2, 3 Д: 1	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу Підготовка до лабораторної роботи Підготовка до захисту лабораторних робіт	2 тижні
15–16	Тема 6. Методи ТА, що використовуються для побудови фазових діаграм. Характеристика основних типів діаграм стану конденсованих бінарних систем.	Лекції – 2 год, лабораторні – 2 год самостійна робота – 10 год	Б: 2, 3 Д: 1-4	Опрацювати матеріали лекції та рекомендовану літературу Підготовка до лабораторної роботи Підготовка до захисту лабораторних робіт	2 тижні