

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Львівський національний університет імені Івана Франка**  
**Факультет геологічний**  
**Кафедра мінералогії, петрографії і геохімії**

Затверджено  
на засіданні кафедри мінералогії,  
петрографії і геохімії  
геологічного факультету  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка  
(протокол № 1 від 15 вересня 2021р.)

Завідувач кафедри мінералогії,  
петрографії і геохімії  
\_\_\_\_\_доц. Скакун Л. З.

**Силабус з навчальної дисципліни**

**«Рентгеноструктурний аналіз мінералів»**

що викладається в межах другого (магістерського) освітньо-  
наукового рівня вищої освіти для здобувачів  
зі спеціальності **103 Науки про Землю**

Львів 2021 р.

Назва дисципліни	Рентгеноструктурний аналіз мінералів
Адреса викладання дисципліни	Львів, вул. Грушевського, 4
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Геологічний факультет, кафедра мінералогії, петрографії і геохімії
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	Галузь знань 10 “Природничі науки” Спеціальність 103 Науки про землю Спеціалізація Геохімія і мінералогія
Викладачі курсу	Борняк Уляна Іванівна. кандидат геологічних наук, доцент кафедри мінералогії, петрографії і геохімії
Контактна інформація викладачів	Борняк У.І. e-mail: <a href="mailto:ulyana.bornyak@lnu.edu.ua">ulyana.bornyak@lnu.edu.ua</a> Сторінка викладача на Веб-сайті геологічного факультету: <a href="https://geology.lnu.edu.ua/employee/bornyak-ulyana-ivanivna">https://geology.lnu.edu.ua/employee/bornyak-ulyana-ivanivna</a>
Консультації по курсу відбуваються	Консультації по курсу відбуваються в день проведення лекцій (на кафедрі, ауд. 228). Також можливі он-лайн консультації через Skype або подібні ресурси. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача або дзвонити.
Сторінка курсу	
Інформація про курс	«Рентгеноструктурний аналіз мінералів» є дисципліною, що конкретизує набуті знання з мінералогічного циклу предметів та є необхідною при ідентифікації мінералів шляхом дослідження їх структури методом, що базується на явищі дифракції рентгенівських променів
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Рентгеноструктурний аналіз мінералів» є нормативною дисципліною зі спеціальності 103 Науки про Землю, за спеціальністю Геохімія і мінералогія, яка викладається в I семестрі в обсязі 3,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Мета та цілі дисципліни	Метою навчальної дисципліни “Рентгеноструктурний аналіз мінералів” ознайомити студентів з основними можливостями методу рентгеноструктурного аналізу при вивченні мінералів. Завдання курсу: <ul style="list-style-type: none"> <li>- ознайомити студентів з теоретичними основами дифрактометричного методу;</li> <li>- ознайомити студентів з будовою дифрактометра та методикою роботи на ньому;</li> <li>- навчити студентів приготувати зразки для знімання дифрактограми, вибрати режим зйомки на дифрактометрі, зняти дифрактограму і її виміряти та визначити невідомі мінерали за дифрактограмою з допомогою рентгенівських визначників мінералів та комп’ютерного пошуку;</li> </ul>
Література для вивчення дисципліни	Азаров Л., Бургер М. Метод порошка в рентгенографии. М.: ИЛ, 1961. - 364 с. 2. Бокий Г.Б., Порай-Кошиц М.А. Рентгеноструктурный анализ. М.: МГУ, 1964. – 489с.

	<p>3. Іваній В.С., <a href="#">Лобода В.Б.</a> , Хурсенко С.М. Сучасні методи дослідження структури речовини., Суми.- 2010 – 259 с.</p> <p>4. Михеев В.И. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Госгеол-техиздат, Т.1, 1957. - 867 с.</p> <p>5. Михеев В.И., Сальдау Э.П. Рентгенометрический определитель минералов. Л.: Недра, Т.2., 1965. - 362 с.</p> <p>6. Пушаровский Д.Ю. Рентгенография минералов. М.: ЗАО «Геоинформмарк», 2000. – 292 с.</p> <p>7. Хмелівський В.О., Дяків В.О. Рентгенометричний визначник мінералів. Навчальний посібник. Комп'ютерний набір. Львів. 2003.</p> <p>8. Рентгеноструктурний табличний процесор RTP 3.1. Комп'ютерна програма.</p>
Обсяг курсу	<p><b>Загальна кількість годин - 105.</b> З них:</p> <p>аудиторних годин - 32:</p> <p>лекцій - 32</p> <p>самостійна робота - 73</p>
Очікувані результати навчання	<p>В результаті проходження курсу студент повинен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- розуміти природу рентгенівського проміння, методику його отримання;</li> <li>- розуміти дифракцію рентгенівського проміння кристалічною ґраткою;</li> <li>- знати будову дифрактометра, вміти знімати дифрактограми і їх вимірювати;</li> <li>- грамотно проводити рентгенівську діагностику мінералів різними методиками;</li> <li>- вміти використовувати комп'ютерні програми та проводити розрахунок і індексування рентгенограм з їхньою допомогою;</li> </ul>
Ключові слова	
Формат курсу	<p>Очний</p> <p>Очна форма навчання передбачає постійний особистий контакт науково-педагогічного працівника і студента, що забезпечує надбання глибоких системних знань, стійких умінь. Студенти денної форми навчання зобов'язані відвідувати навчальні заняття згідно з розкладом та своєчасно виконувати навчальні завдання згідно з робочою програмою</p>
	Проведення лекцій та консультацій для кращого розуміння тем
Теми	<p>Подано нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ</p> <p>“РЕНТГЕНОСТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ МІНЕРАЛІВ ”</p>
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру комбінований
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з загальної геології, хімії, фізики, кристалографії, мінералогії, петрографії і геохімії достатніх для розуміння джерел інформації
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Проведення лекцій з використанням мультимедійного забезпечення. Виконання індивідуальних завдань, що видаються для самостійної роботи, написання рефератів
Необхідне обладнання	Дифрактометр, порошкові проби, дифрактограми, рентгенівські визначники мінералів В.І. Михеева, порошкова дифракційна картотека

	<p>об'єднаного комітету порошкових дифракційних стандартів (PDF JCPDS) Американського товариства дослідження матеріалів (ASTM), рентгенометричний визначник мінералів для студентів, комп'ютерні програми для індексування рентгенограм, мультимедійне обладнання</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• поточне опитування: максимальна кількість балів 40</li> <li>• виконання самостійної роботи: максимальна кількість балів 10</li> <li>• тестування 50</li> </ul> <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p>Академічна доброчесність. Списування, втручання в роботу інших студентів, відсутність посилань на використані джерела при написанні рефератів - приклади можливої академічної недоброчесності</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття.</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 й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані на поточному опитуванні, самостійній роботі, тестуванні.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену.</p>	<p>Перелік теоретичних питань з курсу:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Історія відкриття та вивчення рентгенівського випромінювання.</li> <li>2. Досліди П.Лауе та відкриття явища дифракції рентгенівських променів кристалічною ґраткою мінералів.</li> <li>3. Рентгеноспектральний аналіз.</li> <li>4. Метод порошку і рентгенографія мінералів.</li> <li>5. Природа рентгенівського проміння (РП) та методика його отримання. Властивості РП.</li> <li>6. Дифракція РП кристалічною ґраткою.</li> <li>7. Рівняння Вульфа – Брегга та його значення для РСА.</li> <li>8. Рентгенівські спектри і характеристичне рентгенівське випромінювання хімічних елементів.</li> <li>9. Розсіювання РП ко-герентне і некогерентне.</li> <li>10. Вибір рентгенівського випромінювання для рентгенографічних досліджень.</li> <li>11. Рентгенівські фільтри і їх вибір.</li> <li>12. Реєстрація РП.</li> <li>13. Фотографічна дія РП.</li> <li>14. Іонізаційна дія РП.</li> <li>15. Помилки, що виникають при розрахунку і їх природа. Два типи помилок при замірі дебаєграм.</li> <li>16. Будова дифрактометра.</li> <li>17. Знімання дифрактограми і її вимірювання.</li> <li>18. Переваги та недоліки дифрактометричного методу перед фотометодом.</li> <li>19. Поняття про індекси відбитків на рентгенограмах.</li> <li>20. Два методи індексування рентгенограм: графічний та</li> </ol>

	<p>аналітичний.</p> <p>21. Індекссування дебаєграми кубічних мінералів графічним та аналітичними методами.</p> <p>22. Індекссування дебаєграм тетрагональних мінералів графічними методами: методом Хелла – Деві, Б'юрстрема та ін.</p> <p>23. Індекссування дебаєграм гексагональних та тригональних тими ж методами.</p> <p>24. Аналітичні методи індекссування дебаєграми мінералів тетрагональної, гексагональної та ромбічної сингоній.</p> <p>25. Індекссування дебаєграми мінералів моноклінної сингонії.</p> <p>26. Комп'ютерна програма ”. Бази даних PDF-2, PDF-4.</p> <p>27. Системи програмного забезпечення всіх основних виробників рентгенівського дифракційного обладнання.</p> <p>28. Головні кристалографічні дані, що отримуються з порошкових рентгенограмм</p> <p>29. Визначення типу ґратки Браве за рентгенограмою. Методика розрахунку параметрів елементарної ґратки для різних сингоній.</p> <p>30. Визначення мінерального складу гірської породи за порошкограмою.</p> <p>31. Якісний рентгенофазовий аналіз.</p> <p>32. Метод Дебая-Шеррера-Халла (або метод порошку) і методика отримання дебаєграм.</p> <p>33. Кількісний рентгенофазовий аналіз (КФА).</p> <p>34. Особливості рентгенографії шаруватих силікатів.</p> <p>35. Діагностика основних груп польових шпатів. Метод Стюарта-Райта.</p> <p>36. Рентгеногра-фічні методи дослідження складу кальциту.</p> <p>37. Методи виявлення особливостей складу доломіту.</p> <p>38. Визначення складу арсенопіриту для виявлення типу мінералізації.</p> <p>39. Аналіз дефектів кристалічної структури за розширенням ліній.</p> <p>40. Аналіз текстури полікристалічної мінеральної речовини.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

### Шкала оцінювання знань та вмінь студентів

Оцінка ECTS	Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою
A	90-100	Зараховано
B	81-89	Зараховано
C	71-80	Зараховано
D	61-70	Зараховано
E	51-60	Зараховано

### Схема курсу “ Рентгеноструктурний аналіз мінералів ”

Тиж-	Тема, короткі тези	Форма	К-ть
------	--------------------	-------	------

день		занять	ГОДИН
1	Тема 1. Історія відкриття та вивчення рентгенівського випромінювання.	лекція	2
2	Тема 2. Помилки, що виникають при розрахунку і їх природа.	лекція	2
3	Тема 3. Дифрактометричний метод дослідження мінералів.	лекція	2
4	Тема 4. Рентгенівська діагностика мінералів. ”	лекція	2
5	Тема 5. Індксування рентгенограм. Поняття про індекси відбитків на рентгенограмах. Два методи індексування рентгенограм: графічний та аналітичний.	лекція	2
6	Тема 6. Ознайомлення з комп’ютерними програмами для розрахунку та індексування рентгенограм. .	лекція	2
7	Тема 7. Елементарна ґратка, її геометрія та параметри. Головні кристалографічні дані, що отримуються з порошкових рентгенограм.	лекція	2
8	Тема 8. Ренгенофазовий аналіз. Визначення мінерального складу гірської породи за порошкограмою.	лекція	2
9	Тема 9. Рентгенографія шаруватих силікатів.	лекція	2
10	Тема 10. Визначення складу і структурного стану польових шпатів рентгенографічним методом. дегідратації, в) реакції декарбонатації.	лекція	2
11	Тема 11. Визначення складу карбонатних мінералів рентгеногра-фічним методом.	лекція	2
12	Тема 12. Визначення складу мінералів групи сульфідів (піротину, арсенопіриту і піриту) рентгенографічним методом.	лекція	2
13	Тема 13. Монокристална дифрактометрія. Статистика інтенсивностей та визначення просторової групи. Прямі методи структурної роз- шифровки.	лекція	2
14	Тема 14. Аналіз дефектів кристалічної структури за розширенням ліній. Обмеженість розміру кристалітів (дисперсність).	лекція	2
15	Тема 15. Аналіз текстури полікристалічної мінеральної речовини. Орієнтаційний простір. Опис текстури.	лекція	2
16	Тема 16. Нові методики рентгенографічних досліджень.	лекція	2
	Всього		32
	Для поглибленого опрацювання всіх тем і розділів курсу “Рентгеноструктурний аналіз мінералів ” пропонуються наступні теми рефератів:		
1	Методи виправлення помилок: 1) знімання дебаєграми мінералу зі внутрішнім стандартом; 2) знімання дебаєграми у еталонованій камері.	самостійна робота	4
2	Виділення β-рефлексів на дебаєграмах, знятих на невідфільтрованому випромінюванні	самостійна робота	4
3	Рентгенівські визначники карбонатів і їх застосування.	самостійна робота	4
4	Рентгенівські визначники фосфатів і їх застосування	самостійна робота	4

5	Рентгенівські визначники цеолітів і їх застосування	самостійна робота	4
6	Рентгенівські визначники мінералів олова і їх застосування.	самостійна робота	5
7	Індексування дебаєграм тетрагональних мінералів графічними методами: методом Бонда.	самостійна робота	5
8	Методика розрахунку параметрів елементарної ґратки для моноклінної сингонії.	самостійна робота	5
9	Методика розрахунку параметрів елементарної ґратки для триклинної сингонії	самостійна робота	4
10	Методика розрахунку параметрів елементарної ґратки для тетрагональної сингонії	самостійна робота	4
11	Методика розрахунку параметрів елементарної ґратки для гексагональної сингонії.	самостійна робота	5
12	Методика розрахунку параметрів елементарної ґратки для кубічної сингонії.	самостійна робота	5
13	Діагностика шаруватих силікатів.	самостійна робота	5
14	Діагностика карбонатних мінералів	самостійна робота	5
15	Діагностика мінералів групи сульфідів	самостійна робота	5
16	Монокристална дифрактометрія.	самостійна робота	5
	Всього		73