

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 31.08.2023 р.)

Завідувач кафедри мінералогії,
петрографії і геохімії



Ірина ПОБЕРЕЖСЬКА

Силабус з навчальної дисципліни

«Мінеральна термобарометрія»,

що викладається в межах ОПІ “Геохімія та мінералогія”
другого (магістерського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 103 Науки про Землю

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Мінеральна термобарометрія
Адреса викладання дисципліни	м. 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
Викладачі курсу	Словотенко Надія Олександрівна, доцент кафедри мінералогії, петрографії і геохімії, кандидат геологічних наук
Контактна інформація викладачів	nadiya.slovotenko@lnu.edu.ua https://geology.lnu.edu.ua/employee/slovotenko-nadiya-oleksandrivna
Консультації по курсу відбуваються	Консультації по курсу відбуваються в день проведення лекцій (на кафедрі, ауд. 214). Також можливі он-лайн консультації через Skype або подібні ресурси. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача
Сторінка курсу	
Інформація про курс	Дисципліна «Мінеральна термобарометрія» є вибірковою дисципліною з циклу професійної та практичної підготовки зі спеціальності 103 Науки про Землю для ОПП “Геохімія та мінералогія”, яка викладається в III семестрі в обсязі 3,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	«Мінеральна термобарометрія» — це кількісне визначення температури та тиску, за яких метаморфічна або магматична порода досягає хімічної рівноваги. Термін «класична» термобарометрія відноситься до методів розрахунку P - T умов конкретної хімічної реакції. Тектонічні процеси пов’язані з характерними тисками і температурами: низькі температури при високі тиски виникають лише в зонах субдукції. Оцінка тиску (P) і температури (T) лежить в основі таких питань: на скільки гаряча Земля, і з якою швидкістю планета охолоджувалася; чи вулкани і мантіїні плюми є продуктами термічної дії; де зберігаються магми і як вони транспортуються на поверхню і як зберігання та транспорт пов’язані з тектонікою плит.
Мета та цілі дисципліни	<i>Метою навчальної дисципліни «Мінеральна термобарометрія» є ознайомлення студентів з головними методами оцінки PT-умов магматичного та метаморфічного процесів, а також визначення палеотемператур в осадових басейнах.</i> <i>Завдання курсу:</i> вивчення, пошук корисних геотермометрів або геобарометрів для певної хімічної рівноваги, як важливого інструменту для оцінки рушійних сил та внутрішньої роботи мінеральних систем.
Література для вивчення дисципліни	1. Allègre C.J. Isotope geology. Cambridge. University Press, 2008.- 512p. 2. Anderson J.L., Barth A.P., Wooden J.L., Mazdab F. Thermometers and thermobarometers in Granitic Systems // Reviews in Mineralogy & Geochemistry, 2008 Vol. 69 pp. 121-142. 3. Hoefs J. Stable Isotop Geochemistry. Springer, 2009. – 293 p. 4. Holland, T., Baker, J. and Powell, R. (1998). Mixing properties and activity-composition and relationships of chlorites in the system MgO-

	<p>FeO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O. European Journal of Mineralogy, 10, 395-406.</p> <p>5. Holland, T. and Powell, R. (1996). Thermodynamics of order-disorder in minerals; I, Symmetric formalism applied to minerals of fixed composition. American Mineralogist, 81, 1413-1424.</p> <p>6. Holland, T. and Powell, R. (1992). Plagioclase feldspars; activity-composition relations based upon Darken's quadratic formalism and Landau theory. American Mineralogist, 77, 53-61.</p> <p>7. Isotopic Signatures and Sedimentary Records. Ed. Clauer N., Chaudhuri S. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1992. – 531 p.</p> <p>8. Gautam Sen Petrology. Principles and Practice. Springer-Verlag, 2014. – 370 p.</p> <p>9. Powell, R., Holland, T. and Worley, B. (1998). Calculating phase diagrams involving solid solutions via non-linear equations, with examples using THERMOCALC. Journal of Metamorphic Geology, 16, 577-588.</p> <p>10. Powell, R. and Holland, T. (1994). Optimal geothermometry and geobarometry. American Mineralogist, 79, 120-133.</p> <p>11. Powell, R. and Holland, T. J. B. (1988). An internally consistent dataset with uncertainties and correlations; 3, Applications to geobarometry, worked examples and a computer program. Journal of Metamorphic Geology, 6, 173-204.</p> <p>12. Putirka K.D. Thermometers and Barometers for Volcanic Systems // Reviews in Mineralogy & Geochemistry, 2008. - Vol. 69 pp. 61-120.</p> <p>13. Ohmoto H. Stable isotope geochemistry of ore deposits // Rev. Mineral. – 1986. – Vol. 16. – P. 491-559.</p> <p style="text-align: center;"><i>Інформаційні ресурси</i></p> <p>14. https://www.earth.ox.ac.uk/~davewa/pt/index.html</p> <p>15. https://serc.carleton.edu/research_education/equilibria/classicalthermobarometry.html</p> <p>16. W.M.White Geochemistry 2006 (http://imwa.info/geochemistry/)</p> <p>17. Igneous and Sedimentary Rock Compositional Databases (http://www.ige.csic.es/sdbp/)</p>
Обсяг курсу	Загальна кількість годин - 105. З них: аудиторних годин - 16: лабораторні - 16 самостійна робота - 89
Очікувані результати навчання	В результаті вивчення даної дисципліни студент повинен: знати сучасні геотермометри і геобарометри; вміти: <ul style="list-style-type: none"> - аналізувати умови формування магматичних, метаморфічних, осадових порід і руд; - визначати можливість перебігу того чи іншого геологічного процесу; - застосовувати методи оцінки умов <i>P-T</i>
Ключові слова	Температура, тиск, геохімічна рівновага, мінеральна рівновага, геотермометр, геобарометр, палеотемпература
Формат курсу	Очний
Теми	Подано нижче у табличній формі СХЕМА КУРСУ “ Мінеральна термобарометрія ”

Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань фахових дисциплін, достатніх для сприйняття категоріального апарату.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Головні навчальні методи:</p> <ul style="list-style-type: none"> • словесні - бесіди з елементами формування проблемних завдань • наочні – демонстрація, ілюстрація, мультимедійна презентація, спостереження • практичні – лабораторний метод • дослідницькі (виконання завдань самостійної роботи, спрямованих на активізацію отриманих знань під час аудиторних занять) <p>Техніки, які використовуються:</p> <ul style="list-style-type: none"> • метод генерацій ідей • навчальна дискусія • метод моделювання
Необхідне обладнання	Таблиці, малюнки, карти, графіки, діаграми, мультимедійне обладнання
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"> • контрольне опитування: максимальна кількість балів - 50 Проводиться 2 опитування. Максимальна кількість балів за одне опитування - 50 • індивідуальні завдання для самостійної роботи (2 реферати). Теми рефератів вказані в схемі курсу. Максимальна кількість балів – 50 (за один реферат 25 балів) <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <p><i>Академічна доброчесність.</i> Списування, втручання в роботу інших студентів, відсутність посилань на використані джерела при написанні рефератів - приклади можливої академічної не доброчесності. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p><i>Відвідання занять</i> є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття.</p> <p><i>Література.</i> 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><i>Політика виставлення балів.</i> Враховуються бали набрані на контрольному опитуванні, самостійній роботі.</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу «Мінеральна термобарометрія»

Тиж-день	Тема, короткі тези	Форма занять	К-ть год.	Літера-тура
1	Тема 1. Теоретичні аспекти фізико-хімічного моделювання. Вільна енергія Гіббса та інші термодинамічні поняття. Концентрації та надійні методи одержання валідних результатів	лабораторні заняття	2	2, 4-12
2	Тема 2. Регресійний аналіз та статистичні міркування	лабораторні заняття	1	2, 4-12
2	Тема 3. Розрахунок тиску та температури петрологічних явищ: геотермобарометрія Шляхи встановлення рівноваги в геологічних системах - поліморфні перетворення, обмінні реакції, ізоморфізм, перекристалізація	лабораторні заняття	1	2, 4-12
3	Тема 4. Тверді розчини, моделі змішування та розрахунки активності	лабораторні заняття	2	2, 4-12
4	Тема 5. Змішування на місцях, прості та багатосайтові приклади. Теплоти, об'єми та ентропії змішування. Регулярні параметри змішування розчину	лабораторні заняття, контрольне опитування	1	2, 4-12
4	Тема 6. Формулювання Маргулеса для подвійних і потрійних систем. Квадратичний формалізм Даркена. Здійснення розрахунків активності	лабораторні заняття	1	2, 4-12
5	Тема 7. Калібрування термобарометрів	лабораторні заняття	1	2, 4-12
5	Тема 8. Джерела необхідних термохімічних даних. Самоузгоджені набори даних. Повірка індивідуальних термобарометрів. Прості лінійні вирази	лабораторні заняття	1	2, 4-12
6	Тема 9. Оцінка похибки в P-T розрахунках Відносна важливість невизначеностей, пов'язаних з калібруванням, аналізом мінералів, співвідношеннями a-X, «геологічною» помилкою	лабораторні заняття	1	2, 4-12
6	Тема 10. Використання термодинамічного моделювання для розрахунків P-T Приклади: гімалайські метапеліти; $P-T$ - $a\text{H}_2\text{O}$ гранулітів з метапелітів і метабазитів; збірки низького тиску	лабораторні заняття	1	2, 4-12
7	Тема 11. Використання терморозрахунків в режимі фазової діаграми. Загальні аспекти	лабораторні заняття	1	2, 4-12

	побудови фазової діаграми та псевдорозрізу			
7,8	Тема 12. Об'ємний склад: рівноважні об'єми, фракціонування. Використання ізоплет мінерального складу	лабораторні заняття	2	2, 4-12
8	Тема 13. Визначення палеотемператур за стабільними ізотопами. Роль та значення методу при оцінці температур осадових порід та скам'янілих решток	лабораторні заняття, контрольне опитування	1	1, 3, 13
	Всього		16	
	Перелік тем рефератів для самостійної роботи:			
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Магматичні термометри і барометри 2. Термобарометри на основі плагіоклазу та лужно-польового шпату 3. Двопольовошпатові термометри 4. Ортопіроксенові та ортопіроксен-рідинні термобарометри 5. Клінопіроксенові та клінопіроксен-рідинні термобарометри 6. Двопіроксенові термометри і барометри 7. Барометр активності кремнезему 8. Перенесення магми на Гавайях 9. Умови часткового плавлення мантії 10. Оцінки температури в кислих вулканічних системах 11. Модельні помилки для визначення тиску і температури 12. Плутонічна барометрія Кордильєрських орогенів 13. Одномінеральні термометри у магматичних системах 14. Титановий термометр за кварцом 15. Титановий термометр за цирконом і кварцом 16. Цирконієвий термометр за титанітом 17. Термометрія за насиченням фаз акцесорних мінералів (апатит, циркон) 18. Алюмінієва барометрія за роговою обманкою 19. Термобарометрія глиноземистих гранітів 	самостійна робота		2, 2-12, 14-17
	Всього годин самостійної роботи		89	
	Всього		105	