UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Isotope Geochemistry

2526-1-F7402Q039

Obiettivi

Il corso si prefigge l'obbiettivo di fornire agli studenti una panoramica piu' ampia possibile riguardo alle tematiche della geochimica isotopica e delle sue applicazioni nelle Scienze della Terra, considerando sia gli isotopi stabili sia gli isotopi instabili o radiogenici. Il corso suddiviso in tre moduli principali (isotopi stabili tradizionali, isotopi stabili non tradizionali, isotopi instabili o radiogenici) fornira' le conoscenze necessarie per poter interpretare correttamente dati isotopici inerenti ai materiali rocciosi (esempio: lave, carbonati, meteoriti), acque (acque marine, acque superficiali, acque di pioggia, acque profonde), gas (atmosferici e vulcanici) nei vari contesti geodinamici. Al termine del corso lo studente avra' acquisito un bagaglio di conoscenze che gli permetteranno di pianificare e condurre studi isotopici nei vari settori delle Scienze della Terra, quali, a titolo di esempio, vulcanologia/petrologia, idrogeologia, paleontologia.

Conoscenza e comprensione
Lo studente completerà e rafforzerà la preparazione e la capacità di comprensione acquisite con gli altri corsi di Geochimica. Acquisirà approfondite conoscenze nell'ambito dei processi della geochimica isotopica, che gli permetteranno di comprendere e interpretare processi complessi quali ad esempio i frazionamenti isotopici in ambienti di alta e bassa temperatura, la ricostruzione delle catene trofiche, l'identificazione delle zone sorgente. Tali conoscenze sono acquisite tramite la frequenza a lezioni frontali. Il livello di apprendimento è valutato mediante una prova orale di profitto dopo il termine del corso.

Capacità di applicare conoscenza e comprensione

Grazie alle conoscenze acquisite, lo studente sarà in grado di:

- analizzare in dettaglio i processi di frazionamento isotopico;
- svolgere autonomamente attività di studio e ricerca nel settore della geochimica isotopica;
- utilizzare le proprie conoscenze teoriche per individuare situazioni di criticità e proporre possibili soluzioni;
- risolvere autonomamente le problematiche di tipo geochimico-ambientale avvalendosi del supporto della geochimica isotopica.

Autonomia di giudizio
Lo studente acquisirà la capacità di caratterizzare e valutare l'affidabilità delle informazioni raccolte, il livello di incertezza nei dati e nelle misure, e la complessità dei modelli disponibili per la soluzione dei problemi. Questa capacità permetterà quindi allo studente di valutare in modo autonomo i problemi e di formulare soluzioni anche sulla base di informazioni limitate o incomplete. Ulteriore aspetto che verrà acquisito dallo studente è la capacità di valutare le
conseguenze delle scelte effettuate e delle soluzioni proposte sul contesto isotopico. Tutte queste competenze sono sviluppate attraverso lo studio e la discussione in aula di casi reali.

Abilità comunicative
Lo studente acquisirà la capacità di comunicare in modo sintetico ed efficace le proprie valutazioni e proposte di soluzione sia ad un pubblico specialistico (es: convegni, colleghi) che non specialistico (clienti, popolazione). Quest'ultimo aspetto è fondamentale per le tematiche di gestione del rischio, perché le valutazioni tecniche devono essere trasmesse in modo chiaro ai policy makers che successivamente si interfacciano con la popolazione. La capacità di comunicazione è sviluppata attraverso discussioni in aula delle problematiche studiate.

Capacità di apprendimento
Lo studente acquisirà la capacità di apprendere in modo autonomo nuovi concetti e nuove teorie attingendo, prevalentemente, dalla letteratura in lingua inglese. I vari argomenti del corso verranno trattati utilizzando sia articoli pubblicati in riviste specialistiche, sia libri di testo in lingua inglese. Il livello di apprendimento raggiunto verrà valutato in base alla prova d'esame.

Contenuti sintetici

- Geochimica degli isotopi stabili tradizionali (C, N, O, H, S): Introduzione; terminologia, standards e spettrometria di massa; frazionamento isotopico all'equilibrio e frazionamento isotopico cinetico; l'idrosfera; gli oceani; carbonati biogenici: l'ossigeno; il carbonio negli ambienti di bassa temperatura; minerali di bassa temperatura ad eccezione dei carbonati; Azoto; Zolfo; petrologia ignea; materiali extraterrestri.

- Geochimica degli isotopi stabili non tradizionali: processi di frazionamento isotopico di elementi selezionati (Li, B, Mg, Si, Cl, Ca, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Ge, Se, Br, Sr, Mo, Cd, Sn, Sb, Te, Ba, Tl, U).

- Geochimica degli isotopi instabili o radiogenici: fisica e struttura del nucleo; concetti di base della geochimica degli isotopi radiogenici; sistemi di decadimento e loro applicazioni; isotopi dell'elio e di altri gas rari; isotopi cosmogenici e fossili.

Programma esteso

Geochimica degli isotopi stabili tradizionali (C, N, O, H, S)

1. Introduzione: scopo della disciplina, abbondanze isotopiche degli elementi, caratteristiche degli elementi che subiscono un frazionamento isotopico significativo, applicazioni nelle Scienze della Terra, effetti isotopici (all'equilibrio e cinetici).
2. Terminologia, standards e spettrometria di massa: Isotopi, isotopologhi, isotopomeri, il valore delta, il fattore di frazionamento ?, i valori 1000ln?, ? ed ?, standards di riferimento, spettrometria di massa dei rapporti isotopici.
3. Frazionamento isotopico all'equilibrio: teoria dei fattori di frazionamento degli isotopi stabili, relazione con la temperatura, determinazione sperimentale dei fattori di frazionamento, determinazione empirica dei fattori

di frazionamento, altri fattori che controllano il frazionamento isotopico, sistemi isotopici multipli, distribuzione degli isotopologhi.
4. L'Idrosfera; abbondanze naturali degli isotopologhi dell'acqua, acque meteoriche, la linea delle acque meteoriche, evaporazione e condensazione, fattori che controllano la composizione isotopica del precipitato, acque sotterranee, sistemi geotermali, brine di bacino e acque di formazione, ghiaccio delle ere glaciali.
5. Gli Oceani; variazioni degli isotopi dell'ossigeno negli oceani moderni, profili di profondita' per gli isotopi dell'ossigeno e del carbonio negli oceani moderni, rapporti degli isotopi stabili come rilevatori della produttivita', composizioni isotopiche degli oceani antichi, interazioni basalto/acqua marina, tamponamento del rapporto isotopico dell'ossigeno dell'acqua oceanica.
6. Carbonati biogenici - ossigeno; il metodo dell'acido fosforico, la scala delle paleotemperature per gli isotopi dell'ossigeno, fattori che influenzano le paleotemperature stimate tramite gli isotopi dell'ossigeno, applicazioni della paleotermometria degli isotopi dell'ossigeno.
7. Il carbonio negli ambienti di bassa temperatura; il ciclo del carbonio, i serbatoi del carbonio, i valori isotopici del carbonio dei carbonati, marini e terrestri.
8. I minerali di bassa temperatura ad eccezione dei carbonati; fosfati, silice, minerali delle argille, ossidi di ferro.
9. Azoto; il ciclo dell'azoto, il frazionamento degli isotopi dell'azoto, valori caratteristici dei rapporti isotopici dell'azoto per diversi materiali (piante, suoli, fertilizzanti, pioggia, combustibili fossili, acque), rapporti isotopici degli isotopi dell'azoto negli animali.
10. Zolfo: tecniche analitiche, frazionamento all'equilibrio e geotermometria, formazione dei solfati e dei solfuri a bassa temperatura - il ciclo sedimentario dello zolfo, variazioni secolari dei rapporti isotopici dello zolfo, rapporti isotopici dello zolfo in ambienti terrestri, variazioni degli isotopi dell'ossigeno nei solfati.
11. Petrologia ignea: gli isotopi di carbonio, ossigeno, idrogeno, azoto e zolfo nella crosta e nel mantello, messa in posto di plutoni: interazioni con la crosta e l'idrosfera, calcolare i rapporti fluido/roccia, degassamento, assimilazione e cristallizzazione frazionata.
12. Materiali extraterrestri: classificazione delle meteoriti, gli isotopi dell'ossigeno nel sistema solare, isotopi dell'idrogeno, carbonio, azoto, zolfo e cloro nelle meteoriti.

Geochimica degli isotopi stabili non tradizionali

1. informazioni basilari sugli isotopi stabili non tradizionali.
2. applicazioni nell'ambito della petrologia ignea.

Geochimica degli isotopi radiogenici

1. fisica e struttura del nucleo: struttura nucleare ed energetica; il decadimento di nuclei eccitati ed instabili (decadimento alfa, beta e gamma, cattura di elettroni, fissione spontanea).
2. concetti di base della geochimica degli isotopi radiogenici: equazione del decadimento radioattivo; geocronologia.
3. sistemi di decadimento e loro applicazioni: sistema Rb-Sr; sistema Sm-Nd; sistema Lu-Hf; sistema Re-Os; sistema La-Ce; sistema U-Th-Pb; isotopi delle serie di decadimento di U e Th.
4. Isotopi dell'elio e di sltri gas rari: elio; neon.
5. isotopi cosmogenici e fossili: ^{1}?C; ^{3}?Cl in idrologia; ^{1}?Be nelle zone di subduzione; eta' delle meteoriti per esposizione ai raggi cosmici; nuclidi fossili.

Prerequisiti

Buone conoscenze di Chimica e Geochimica.

Modalità didattica

Le 57 ore totali del corso (6 CFU), da svolgere in presenza, si ripartiscono in 21 ore di lezioni frontali (3 CFU) ed in 36 ore di esercitazioni (3 CFU). Le ore di esercitazione richiedono una frequenza obbligatoria minima pari al 75%.

Materiale didattico

Dispense fornite dal docente

Specificatamente per il modulo degli isotopi stabili tradizionali:

Sharp Z, Principles of Stable Isotope Geochemistry, seconda edizione, 2017.

Specificatamente per il modulo degli isotopi stabili non tradizionali:

Hoefs J, Stable Isotope Geochemistry, settima edizione, 2015. Springer ed.

Specificatamente per il modulo degli isotopi radiogenici:

White WM, capitolo 8: Radiogenic Isotope Geochemistry. In Geochemistry, seconda edizione, 2020. Wiley-Blackwell ed.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

Esame orale dopo il termine del corso (non sono presenti prove in itinere) consistente in un colloquio sugli argomenti svolti durante il corso. L'esame si svolgerà con un minimo di tre domande, gli studenti che frequenteranno almeno il 90% delle lezioni avranno la possibilità di scegliere tre argomenti sui quali sviluppare la prova orale. Saranno valutate il grado di conoscenza ed approfondimento dei vari argomenti, la capacità di effettuare collegamenti, la chiarezza di linguaggio nonchè l'utilizzo di un appropriato linguaggio tecnico-scientifico.

Orario di ricevimento

appuntamento da concordare tramite email: alessandro.fabbrizio@unimib.it

Sustainable Development Goals