UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

COURSE SYLLABUS

Instrumental Methods for Mineralogical Investigation

2627-1-F7402Q040

Obiettivi

Lo scopo del corso è introdurre le principali tecniche strumentali utilizzate nello studio mineralogico, con l'obiettivo di mettere in evidenza reazioni, transizioni di fase e aspetti della crescita cristallina, elementi fondamentali per la comprensione dei principali processi geologici e la progettazione di soluzioni per le principali emergenze ambientali. L'argomento riveste un interesse trasversale e può coinvolgere mineralisti, petrologi, geologi strutturali, paleontologi, geologi applicati e scienziati dei materiali. Verranno presentati casi di studio finalizzati alla comprensione e alla risoluzione di tematiche di ricerca scientifica fondamentale, come il ciclo del carbonio profondo, e di ricerca applicata alle problematiche ambientali, attraverso l'utilizzo delle tecniche illustrate durante il corso. Il percorso formativo si concluderà con la visita ai laboratori dove sono installate alcune grandi attrezzature e con la visita al sincrotrone di Grenoble.

Conoscenze e capacità di comprensione
Al termine del corso ci si aspetta che lo studente conosca la teoria e il funzionamento delle principali tecniche analitiche utilizzate nello studio dei minerali e dei materiali, con applicazioni sia nella ricerca fondamentale e applicata, sia nel mondo dell'industria e del lavoro.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate
Al termine del corso ci si aspetta che lo studente possieda le conoscenze di base per interpretare ed analizzare dati generati in contesti di ricerca fondamentale e di laboratorio.
Autonomia di giudizio
Al termine del corso ci si aspetta che lo studente sia in grado individuare le tecniche diagnostiche adeguate per rispondere ad un quesito scientifico semplice.
Abilità comunicative
Al termine del corso ci si aspetta che lo studente abbia acquisito un vocabolario tecnico-analitico di laboratorio adeguato.
Capacità di apprendere
Al termine del corso, lo studente avrà acquisito un metodo di apprendimento autonomo che gli permetterà di approfondire in modo critico e consapevole la mineralogia e la geologia, con competenze trasferibili anche ad altri ambiti scientifici, quali i laboratori per l'analisi dei materiali, le indagini ambientali e lo sviluppo tecnologico.

Contenuti sintetici

Il corso prevede delle lezioni frontali iniziali in cui verranno fornite allo studente le basi per comprendere gli argomenti trattati, e quindi un'introduzione alla interazione radiazione/materia, alla cristallografia, e alle tecniche spettroscopiche. Seguiranno lezioni sulle tecniche di microscopia elettronica a trasmissione e scansione di sonda, sulla diffrazione e sulle spettroscopie vibrazionali in condizioni ambiente e non-ambiente. La parte centrale del corso illustrerà le applicazioni di queste tecniche a casi di studio di ricerca fondamentale ed applica a problematiche ambientali. La parte finale del corso prevede la partecipazione a sessioni pratiche con il microscopio elettronico a scansione e a trasmissione, la diffrazione a raggi X e la spettroscopia Raman. È inoltre prevista la visita ad una grande sorgente di luce di sincrotrone.

Programma esteso

Lezioni frontali (4 CFU, 28 ore)

1. Nozioni di base (Campione)
   1.1. Strutture cristalline e reticolo reciproco
   1.2. Interazione radiazione materia
   1.2.1. Interazioni elastiche ed anelastiche

2. Introduzione alla spettroscopia (Cerantola)
   2.1. Spettrometri dall'infrarosso all'ultravioletto
   2.2. Principi di meccanica quantistica
   2.2.1. Background storico
   2.2.2. I postulati della meccanica quantistica
   2.2.3. Gli orbitali
   2.3. Teoria del campo cristallino e spettroscopia ottica
   2.3.1. Principi di teoria del campo cristallino
   2.3.2. Telerilevamento delle superfici planetarie
   2.3.3. Crystal field spectra of Fe2+ in minerals
   2.3.4. Fluorescenza
   2.3.5. Charge-transfer-bands
   2.4. Spettroscopia vibrazionale
   2.4.1. Principi di spettroscopia vibrazionale
   2.4.2. Vibrazioni dei gruppi OH-
   2.4.3. Vibrazioni di piccole molecole
   2.4.4. Vibrazioni nei cristalli
   2.4.5. Proprietà termodinamiche nella spettroscopia vibrazionale

3. Tecniche microscopiche
   3.1. Il microscopio elettronico a scansione (SEM) (Capitani)
   3.1.1. Immagini in elettroni secondari (SE) e retrodiffusi (BSE)
   3.1.2. Diffrazione di elettroni retrodiffusi (EBSD)
   3.1.3. Microanalisi con sistema a dispersione di energia (EDS) e di lunghezza d'onda (WDS)
   3.2. Il microscopio elettronico a trasmissione (TEM) (Capitani)
   3.2.1. Immagini in campo chiaro (BF) e campo scuro (DF)
   3.2.2. Immagini in alta risoluzione (HRTEM)
   3.2.3. Diffrazione in selezione d'area (SAED)
   3.3. Microscopie a scansione di sonda (Campione)
   3.3.1. Segnali di interesse per la misurazione della topografia superficiale e delle proprietà di superficie

3.3.2. Microscopia a scansione di forza (AFM)
3.3.3. Microscopia a scansione di effetto tunnel (STM)
3.3.4. Cenni ad altre modalità

4. Introduzione alla luce di sincrotrone (Cerantola)
4.1. Introduzione alla luce di sincrotrone
4.1.1. Storia dei sincrotroni e delle grandi sorgenti
4.1.2. Funzionamento e componenti
4.2. Diffrazione a raggi X (XRD)
4.2.1. Diffrazione di polveri in condizioni ambiente e non ambiente
4.2.2. Rietveld refinement
4.3. Spettroscopie vibrazionali in condizioni ambiente a non ambiente
4.3.1. Spettroscopia di assorbimento di raggi X (XAS)
4.3.2. Spettroscopia di emissione di raggi X (XES)
4.3.3. Spettroscopia Mössbauer (SMS)

Esercitazioni (1 CFU, 12 ore)

Uso al PC di programmi di visualizzazione, analisi dati (compresi quelli provenienti dai database cristallografici ICSD e CSD), e image processing come:

1. Esprit, DigitalMicrograph, VisualElectronCristallography (VEC) (Capitani)
2. General Structure Analysis Software (GSAS II) (Cerantola)
3. WSXM, Gwiddion, Mercury (Campione)
4. SYNCMoss (Cerantola)

Laboratori (1 CFU, 12 ore)

1. Sessione pratica sul SEM Zeiss Gemini 500 (Capitani)
2. Sessione pratica sul TEM Jeol 2100P (Capitani)
3. Sessione pratica al Laboratorio Raman (Cerantola)
4. Visita ad una grande sorgente (Sincrotrone, Grenoble)

Prerequisiti

Non è prevista nessuna propedeuticità, sebbene sia raccomandabile abbinare questo corso agli altri a carattere minero-petrografico (e.g., Petrogenesi degli ambienti geodinamici, Deformazione e metamorfismo dei margini convergenti, Mineralogia industriale e ambientale, Geochimica Isotopica, Geocronologia e Geochimica della Terra Solida).

Modalità didattica

Il corso presenta ore di didattica frontale (4 CFU, 28 ore) da seguire in aula in cui verranno spiegati gli aspetti più teorici della materia ed illustrati alcuni casi di studio. Esercitazioni in aula informatica (1 CFU, 12 ore) in cui lo studente userà in prima persona i programmi di analisi dati, visualizzazione dati e image handling. Infine il corso prevede ore di laboratorio (1 CFU, 12 ore) in cui lo studente assisterà in maniera partecipata allo svolgimento di alcune analisi strumentali.

Materiale didattico

Oltre alle dispense del corso tratte dall'esperienza personale del docente, i libri consigliati per approfondire gli argomenti trattati sono:

Andrew Putnis “Introduction to Mineral Sciences”. Cambridge University Press.
Mineral and reactions at the atomic scale: Transmission electron microscopy. Reviews in Mineralogy, 27, Mineralogical Society of America.
Nanoscopic approaches in Earth and Planetary Sciences. EMU Notes in Mineralogy 8. European Mineralogical Union.
Minerals at the nanoscale. EMU notes in Mineralogy 14. European Mineralogical Union.
V. Mironov “Fundamentals of Scanning Probe Microscopy”.

Periodo di erogazione dell'insegnamento

Secondo semestre del primo anno della magistrale, generalmente dall'inizio di Marzo alla fine di Maggio, con una pausa di una settimana o due nel periodo pasquale.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

La modalità di verifica e valutazione comprende:

- lo sviluppo di un caso di studio originale (breve tesi scritta) a partire da un interesse personale (non necessariamente legato all’attività di tesi di laurea), anche ipotetico, che includa alcune delle tecniche e tematiche discusse a lezione. Gli argomenti inerenti a questa attività vanno concordati con i docenti entro la fine dell’attività didattica frontale.

- colloquio orale sul progetto e sugli argomenti trattati a lezione.

La presentazione del progetto scritto vale fino a 18 punti.
La preparazione dello studente sulle tematiche trattate a lezione verrà determinata durante il colloquio orale fino ad un massimo di 12 punti.

La valutazione complessiva terrà conto della chiarezza espositiva, della capacità di sintesi, della correttezza scientifica, nonché della capacità di collegare aspetti teorici e applicativi delle tecniche mineralogiche studiate. Verrà inoltre apprezzata l’originalità dell’approccio e la capacità di impostare in modo critico un problema di ricerca, anche interdisciplinare.

Il superamento del corso richiede il raggiungimento di una valutazione complessiva pari ad almeno 18/30.

Orario di ricevimento

Tutti i giorni lavorativi della settimana negli orari di ufficio, previo appuntamento, compatibilmente con gli impegni

fuori sede del docente, degli impegni istituzionali in sede.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ | ENERGIA PULITA E ACCESSIBILE | IMPRESE, INNOVAZIONE E INFRASTRUTTURE | LOTTA CONTRO IL CAMBIAMENTO CLIMATICO | VITA SULLA TERRA