UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Minerali alla Nanoscala

2122-1-F7401Q103

Obiettivi

Lo scopo del corso è quello di illustrare reazioni mineralogiche, transizioni di fase, aspetti della crescita cristallina e della ricristallizzazione osservabili e comprensibili solo se si sposta l'indagine alla nanoscala. Questi aspetti nanostrutturali sono fondamentali per la comprensione di molti processi geologici, delle potenzialità applicative dei minerali e delle loro implicazioni in ambito ambientale ed igienico-sanitario. L'argomento è pertanto di interesse trasversale e può interessare mineralisti, petrologi, geologi strutturali, paleontologi e scienziati dei materiali. Verranno pertanto illustrati gli aspetti più spettacolari di questo mondo submicroscopico ed anche introdotte le tecniche di indagine necessarie per accedervi.

Contenuti sintetici

Il corso prevede delle lezioni frontali iniziali in cui verranno forniti allo studente le basi per comprendere gli argomenti trattati, e quindi una introduzione al reticolo reciproco, alla diffrazione e alla cristallografia strutturale. Seguiranno lezioni sulle tecniche strumentali idonee alle indagini alla nanoscala, come la microscopia elettronica a scansione e trasmissione, la diffrazione elettronica, la microanalisi e la microscopia a scansione di sonda. La parte centrale e più sostanziale del corso illustrerà i fenomeni che avvengono alla nanoscala, quali smescolamenti, ricristallizzazione, ordinamento cationico, intercrescite, politipismo e polisomatismo. La parte finale del corso prevede la partecipazione a sessioni pratiche con il microscopio elettronico a scansione ea trasmissione ed esercitazioni con i più comuni software per l'analisi dei dati.

Programma esteso

o Strutture cristalline

- **Reticolo reciproco**
- **Interazione elettrone materia**
- **Diffrazione elettronica**
- **Il microscopio elettronico a scansione (SEM)**
- **Immagini in elettroni secondari (SE) e rotrodiffusi (BSE)**
- **Diffrazione di elettroni retrodiffusi (EBSD)**
- **Il microscopio elettronico a trasmissione (TEM)**
- **Immagini in campo chiaro (BF) e campo scuro (DF)**
- **Immagini in alta risoluzione (HRTEM)**
- **Diffrazione in selezione d'area (SAED)**
- **Microanalisi con sistema a dispersione di energia (EDS)**
- **Microanalisi con sistema a dispersione di lunghezza d'onda (WDS)**
- **Interazione nanosonda-superficie per il raggiungimento della risoluzione atomica**
- **Microscopie a scansione di sonda (STM, AFM)**
- **Analisi chimico-fisico-morfologiche di superficie**
- **Fenomeni di essoluzione in ilmenite-pirofanite (implicazioni sul magnetismo residuo)**
- **Polisomatismo:**
- **Pirossenoidi (implicazioni sulla storia di cristallizzazione)**
- **Antigorite (implicazioni sul trasporto di acqua nelle zone di subduzione e sulla sismicità), crisotilo (implicazioni sulla reattività di superficie)**
- **Fluorocarbonati di Terre Rare (implicazioni sulla formazione di minerali utili)**
- **Politipismo (fattori cinetici e termodinamici)**
- **Biotite**
- **Tobelite**
- **Moissanite**
- **Microstruttura e nanoinclusioni in brochiopodi (implicazioni paleoambientali)**
- **Nanoparticolato nelle ali delle api (implicazioni igienico-sanitarie)**
- **Fenomeni di ordinamento cationico in columbiti (implicazioni sulla minerogenesi)**

Esercitazioni (1 CFU, 12 ore)

- **Uso al PC di programmi di visualizzazione, analisi dati e image processing come Esprit, DigitalMicrograph, CrystalMaker, ProcessDiffract, Single Crystal, JEMS, WSXM, Gwyddion, ecc.…**

Laboratori (1 CFU, 12 ore)

- **Illustrazione dello strumento F-SEM Zeiss Gemini 500**
- **Partecipazione ad osservazioni ed analisi SEM-EDS, SEM-WDS, EBSD**
- **Illustrazione del TEM Jeol**
- **Partecipazione ad osservazioni BF, DF, SAED**

Prerequisiti

Non è prevista nessuna propedeuticità, sebbene sia raccomandabile abbinare questo corso agli altri a carattere minero-petrografico (Petrogenesi degli ambienti geodinamici, Deformazione e metamorfismo dei margini convergenti, Georisorse minerarie e lapidei, Mineralogia industriale e ambientale).

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 case studies. Esercitazioni in aula informatica (1 CFU, 12 ore) in cui lo studente userà in prima persona i programmi di visualizzazione dati, analisi dati e fotoritocco. 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.
Victor L. Mironov "Fundamentals of scanning probe microscopy" (http://ipmras.ru/~Mironov/SPM_textbook.html)

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

Sviluppo di un progetto originale a partire da un soggetto personale, anche ipotetico, che includa le tecniche discusse a lezione. Colloquio orale sul progetto e sugli argomenti trattati a lezione.

Orario di ricevimento

Tutti i giorni lavorativi della settimana negli orari di ufficio, previo appuntamento, compatibilmente con gli impegni del docente fuori sede, degli impegni istituzionali in sede, e ad eccezione dei periodi di vacanza estiva, natalizia e pasquale.