



# UNIVERSITÀ DI PISA

---

## ROCK PHYSICS

### SIMONE CAPACCIOLI

Anno accademico	2022/23
CdS	GEOFISICA DI ESPLORAZIONE E APPLICATA
Codice	346BB
CFU	6

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
ROCK PHYSICS	FIS/07	LEZIONI	48	SIMONE CAPACCIOLI

#### Obiettivi di apprendimento

##### *Conoscenze*

Conoscenze fondamentali utili per descrivere alcune proprietà fisiche delle rocce rilevanti per la geofisica di esplorazione, come la geometria dello spazio poroso, la bagnabilità, la permeabilità, le proprietà meccaniche ed elettriche.

##### *Modalità di verifica delle conoscenze*

La verifica delle conoscenze sarà oggetto della valutazione di un breve elaborato scritto, previsto per ciascun appello d'esame. Nel caso che il protocollo anti-covid lo richieda, la attività viene svolta attraverso piattaforme on-line.

##### *Capacità*

Lo studente alla fine del corso è capace di usare concetti matematici come l'analisi degli spazi frattali e la teoria della percolazione, e approcci metodologici come la teoria di mezzo efficace, utili per capire e costruire semplici modelli dei sistemi porosi. Vengono inoltre illustrati i principali metodi di misura (sia per analisi in laboratorio, sia per la rilevazione *in situ*) delle proprietà sopra menzionate e lo studente diviene capace di analizzare e interpretare un insieme di dati fisici provenienti da campagne di esplorazione.

##### *Modalità di verifica delle capacità*

Lo studente è chiamato all'orale a svolgere una piccola relazione orale, su argomento a sua scelta riguardante analisi dati o modellistica. La valutazione della relazione contribuisce al voto finale, insieme a domande puntuali su argomenti del corso. Nel caso che il protocollo anti-covid lo richieda, la attività viene svolta attraverso piattaforme on-line.

##### *Comportamenti*

Si acquisirà accuratezza e pertinenza nello sviluppo di modelli di Rock Physics e nei calcoli di quantità ad essi correlati basati su dati sperimentali.

##### *Modalità di verifica dei comportamenti*

La verifica viene svolta durante le lezioni attraverso appositi esercizi. Un richiamo di tali comportamenti è necessario durante la prova orale. Nel caso che il protocollo anti-covid lo richieda, la attività viene svolta attraverso piattaforme on-line.

##### *Prerequisiti (conoscenze iniziali)*

Conoscenze di fisica di base (meccanica, termodinamica, elettromagnetismo), di analisi matematica, di algebra lineare e calcolo tensoriale.

##### *Indicazioni metodologiche*

Lezioni frontali, con proiezioni di slides, filmati, spiegazioni alla lavagna, discussioni di gruppo. Nel caso che il protocollo anti-covid lo richieda, la attività viene svolta attraverso piattaforme on-line.

Il corso è supportato da apposito sito elearning con materiali didattici aggiuntivi, esercizi, seminari.

L'interazione tra studente e docente è continua durante le lezioni e si può approfondire con ricevimenti e/o scambi con posta elettronica.

L'esame finale prevede un test scritto di verifica conoscenze, un seminario su un argomento a scelta dello studente e un breve orale. La lingua veicolare del corso è l'italiano anche se il libro di testo e molti dei materiali didattici sono in inglese.



## UNIVERSITÀ DI PISA

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### **I. Metodi, definizioni e primi rudimenti.**

Introduzione alla Fisica delle Rocce: rocce come mezzi porosi ed eterogenei.

Rocce come mezzi porosi: (1) Proprietà dello spazio poroso, porosità, superficie interna, rugosità e dimensione frattale; (2) Fluidi nello spazio poroso, interazioni superficiali, bagnabilità, imbibizione e drenaggio, porosimetria.

Rocce come mezzi eterogenei: Teorie di mezzo effettivo, Teoria della percolazione.

Elementi di Meccanica del Continuo. Proprietà meccaniche di rocce dry: risposta elastica. Stress, deformazioni e moduli elastici. Velocità di propagazione delle onde e relazione con le proprietà elastiche delle rocce. Impedenza acustica.

#### **II. Rocce saturate: permeabilità, proprietà elastiche ed elettriche.**

Trasporto dei Fluidi in mezzi porosi: Permeabilità.

Proprietà elastiche di rocce saturate con fluidi. Propagazione di onde acustiche in mezzi porosi saturati (mezzi efficaci). Costanti poroelastiche. Modello di Gassmann.

Risposta elettrica a campi costanti: modelli a mezzo effettivo o percolativi di conducibilità d.c., legge di Archie e porosità connessa accessibile. Potenziali spontanei. Esempi di log geofisici basati su proprietà elettriche.

#### **III. Fenomeni complessi: dispersione, rilassamento, trasformazioni irreversibili. Proprietà fisiche e principi di funzionamento di particolari log geofisici.**

Teoria della risposta lineare e propagazione delle onde. Attenuazione, dissipazione, dispersione, ritardo e sfasamento. Parte reale e immaginaria dei moduli elastici. Comportamento viscoelastico.

Onde acustiche in mezzi porosi saturati e variazione con la frequenza. Attenuazione e sfasamento onde da processi elastici e anelastici.

Modello di Biot. Metodi di misura e tecniche sperimentali per proprietà elastiche delle rocce in laboratorio e in situ.

Proprietà elettriche e dielettriche di rocce saturate sottoposte a campi elettrici variabili: conducibilità, rilassamento e propagazione di onde elettromagnetiche. Effetto della distribuzione dei fluidi nello spazio microporoso. Metodi di misura del rilassamento dielettrico in laboratorio e con log di pozzo.

Radioattività delle rocce, interazione con radiazioni ionizzanti (raggi  $\gamma$  e neutroni) e applicazione in log geofisici. Impiego della Risonanza Magnetica Nucleare in indagini su rocce in laboratorio e in situ.

Proprietà meccaniche di rocce dry e saturate: risposta plastica. Trasformazioni irreversibili e propagazione di fratture.

### Bibliografia e materiale didattico

#### **Testi consigliati:**

Testo di riferimento: "Introduction to the physics of rocks" di Yves Guéguen and Victor Palciauskas.

Per le proprietà acustiche si suggeriscono i capitoli 2 e 3 di "Acoustics of Porous Media" di Thierry Bourbié, Olivier Coussy Editions TECHNIP, 1987

Materiali aggiuntivi (appunti, articoli, note) per approfondimento vengono forniti dal docente durante il corso (contattare il docente per l'accesso al sito del corso).

### Indicazioni per non frequentanti

Non esistono indicazioni specifiche, a parte contattare il docente per un ricevimento preliminare.

### Modalità d'esame

Semplice test scritto di ammissione all'orale, consistente in 10 domande sia aperte sia a risposta multipla, seguito da un esame orale che verte sull'intero programma integrato da un piccolo seminario di approfondimento su un argomento del corso a scelta dello studente (ma concordato con il docente almeno 10 giorni prima dell'esame).

### Pagina web del corso

<https://polo3.elearning.unipi.it/course/view.php?id=3198>

### Altri riferimenti web

Registro delle lezioni con programma effettivamente svolto:

<https://unimap.unipi.it/registri/dettregistriNEW.php?re=3314076::::&ri=080063>

Ultimo aggiornamento 30/08/2022 12:05