



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



**Bollettino Notiziario - A.A. 2021/2022**

## **LAUREA MAGISTRALE IN GEOPHYSICS FOR NATURAL RISKS AND RESOURCES (ORD. 2020)**

### **Curriculum: Corsi comuni**

#### **ADVANCED STATISTICS FOR PHYSICS ANALYSIS**

**Titolare:** Prof. ALBERTO GARFAGNINI

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Nessuno

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Risolvere problemi di statistica e analisi di dati tramite l'ambiente di sviluppo R.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali. Le lezioni saranno corredate da esempi pratici con esercitazioni in aula tramite l'ambiente di sviluppo R.

**Contenuti:**

- richiamo di concetti di base sulle probabilità (regole, definizioni e distribuzioni) - dalle 'prove' di Bernoulli ai processi Poissoniani e le relative distribuzioni di probabilità - inferenza della probabilità di Bernoulli,  $p$ ; inferenza del parametro  $\lambda$  della distribuzione di Poisson. Inferenza della media,  $\mu$ , della distribuzione di Gauss. Inferenza simultanea di  $\mu$  e  $\sigma$  da un campione: concetti generali e risultati asintotici (caso di grandi moli di dati) - fit come caso speciale di inferenza parametrica - Metodi di Monte Carlo: rejection sampling, inversioni di distribuzioni cumulative, importance sampling. L'algoritmo di Metropolis come esempio di Markov Chain Monte Carlo. Simulated annealing. - l'ambiente di programmazione e il linguaggio di programmazione R per l'analisi statistica dei dati.

**Modalità di esame:**

Esame scritto su temi trattati nel corso e prova orale su progetto affidato a gruppi di studenti

**Criteri di valutazione:**

Conoscenza e comprensione dei contenuti del corso, abilità nella soluzione di problemi elementari, con R, legati ai contenuti del corso.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Dispense dalle lezioni introduttive. Testi di riferimento e materiale integrativo verranno consigliati durante lo svolgimento del corso.

#### **APPLIED GEOPHYSICS**

**Titolare:** Prof. GIORGIO CASSIANI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A+36E; 9,00

**Prerequisiti:**

I prerequisiti essenziali includono: basi di fisica e matematica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di introdurre gli studenti ai concetti generali dell'esplorazione geofisica, ovvero all'uso di misure fisiche al bordo di un dominio da investigare (p.es. alla superficie del suolo) per tentare di "visualizzare" l'interno del dominio stesso. In questo senso la geofisica di esplorazione condivide concetti e metodi matematici con le tecniche di visualizzazione utilizzate in medicina e per i controlli non distruttivi in ingegneria. Le misure fisiche che consentono una efficiente esplorazione dell'interno della terra coprono un vasto ambito di possibilità. Con lo scopo di dare una completa visione delle capacità e limitazioni dei metodi proposti, verrà data agli studenti una introduzione generale alle tecniche di esplorazione geofisica, comprendendo questioni relative all'acquisizione, processing ed inversione dei dati ed all'interpretazione dei risultati. La formazione comprenderà esperienza diretta di acquisizione in campo come pure di processing dei dati ed interpretazione. Alla fine di questo corso gli studenti dovranno aver acquisito una capacità critica per confrontare punti di forza e di debolezza di ciascun metodo, come pure per comprendere come i metodi geofisici si confrontano ad altre tecniche di investigazione invasive.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali. Esercitazioni in laboratorio ed in campo.

**Contenuti:**

Il corso si comporrà di tre parti: Parte 1: introduzione alla geofisica di esplorazione. Verranno introdotti i concetti generali della geofisica applicata con particolare riguardo a: • principi fisici dei principali metodi elettrici, elettromagnetici, sismici, gravimetrici e magnetici • concetti di risoluzione e penetrazione • definizione del problema geofisico generale in termini di inversione • concetti di base sull'acquisizione dati delle principali metodologie Parte 2: metodi di esplorazione. I metodi discussi saranno: - metodi sismici, con concetti base di sismica a riflessione ed a rifrazione e sismica ad onde superficiali. - metodi elettrici in corrente continua con applicazioni tomografiche - Ground penetrating radar (GPR) - Metodi elettromagnetici ad induzione (EMI) - Metodi gravimetrici - Metodi magnetici - Polarizzazione indotta Per tutti i metodi verranno privilegiati gli aspetti applicativi dei metodi descritti, con esempi tratti dalla letteratura e dall'esperienza del docente. Parte 3: Dimostrazioni in campo dei principali metodi discussi cui seguirà l'elaborazione, l'inversione e l'interpretazione dei dati in laboratorio.

**Modalità di esame:**

Esame orale con discussione di un articolo scientifico a scelta tra quelli precedentemente distribuiti agli studenti

**Criteri di valutazione:**

Verranno valutate: - capacità di analisi critica dei metodi presentati - capacità di legare possibili metodi a specifiche applicazioni - capacità di ragionamento fisico-matematico - capacità di esporre un articolo scientifico sulla materia

**Testi di riferimento:**

Parasnis, Dattatraya Shripad, Principles of applied geophysics D. S. Parasnis. London [etc.]: Chapman & Hall, 0 Sheriff, Robert E.; Geldart, L. P., Exploration seismology R. E. Sheriff, L. P. Geldart. Cambridge: University Press, 1995 Telford, William Murray; Geldart, L. P., Applied geophysics W. M. Telford, L. P. Geldart, R. E. Sheriff. Cambridge: Cambridge University, 0

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Verrà distribuito materiale di studio costruito sulla base delle slide presentate a lezione e articoli scientifici dalla letteratura internazionale.

**APPLIED HYDROLOGY**

**Titolare:** Prof. ANDREA D'ALPAOS

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A+12E; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze di base di matematica, fisica, statistica.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Conoscenze da acquisire: - descrivere i vari processi idrologici e le interrelazioni tra di essi; - descrivere metodi di analisi delle componenti del ciclo idrologico; - sviluppare capacità di problem-solving e saper utilizzare strumenti analitici per affrontare problemi idrologici in misura tale da riconoscere i passaggi fondamentali da considerare; eseguire analisi di base; - sapersi riferire a varie tecniche di misurazione e modellazione delle variabili idrologiche e saper comprendere la variabilità e l'incertezza intrinseche di tali parametri.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

- Lezioni frontali sugli aspetti teorici e loro applicazioni pratiche, esercitazioni. - Distribuzione di software per lo studio di particolari problemi idrologici. - Approfondimento in aula dei temi trattati mediante esempi applicativi, poi raccolti in un "quaderno delle esercitazioni".

**Contenuti:**

Questo corso si occupa di idrologia delle acque superficiali, ed in particolare di processi idrologici (3.0 CFU), analisi (2.0 CFU) e progettazione (1 CFU): 1. Introduzione. Ciclo idrologico. Processi idrologici. 2) Precipitazione. Evaporazione e traspirazione delle piante. Infiltrazione e processi del suolo. Precipitazione efficace. 3) Idrologia superficiale: deflusso. Idraulica: moti a pelo libero. Risposta idrologica e IUH. 4) Idrologia del sottosuolo. 5) Probabilità e statistica in idrologia. Tempo di ritorno. Analisi della frequenza, valutazione del rischio nella progettazione idrologica. 6) Idrologia del sottosuolo: flusso in mezzi saturi. Mezzi porosi. Idraulica dei pozzi. 7) Alluvioni: progettazione idrologica e idraulica. Saranno inoltre sviluppati semplici calcoli per analizzare vari processi idrologici, necessari per affrontare i problemi di idrologia delle acque superficiali.

**Modalità di esame:**

Esame scritto su argomenti teorici e applicazioni pratiche (domande aperte ed esercizi). Discussione preliminare dei risultati delle esercitazioni svolte durante le lezioni.

**Criteri di valutazione:**

Accertamento della conoscenza degli argomenti oggetto dell'insegnamento e capacità di elaborarli in modo critico; dimostrata capacità di risolvere semplici esercizi relativi ai problemi trattati; sensibilità complessiva che lo studente dimostrerà di aver maturato nei confronti della disciplina.

**Testi di riferimento:**

Chow, Ven Te, Applied hydrology. New York \etc.!: McGraw-Hill, 1988 Mays, Larry W., Water resources engineering. Hoboken, NJ: Wiley, 2015 Maidment, David R., Handbook of hydrology. New York \etc.!: McGraw-Hill, 1993

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Appunti dalle lezioni, dispense e materiale didattico forniti dal docente. Testi consigliati per lo studio.

## DIGITAL DATA PROCESSING

**Titolare:** Dott.ssa ILARIA BARONE

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

## EARTHQUAKE GEOLOGY AND FAULT MECHANICS

**Titolare:** da definire

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 24A+24E; 6,00

**Prerequisiti:**

Vedi testo in Inglese. Il corso sarà erogato nella sola lingua Inglese.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Vedi testo in Inglese. Il corso sarà erogato nella sola lingua Inglese.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Vedi testo in Inglese. Il corso sarà erogato nella sola lingua Inglese.

**Contenuti:**

Vedi testo in Inglese. Il corso sarà erogato nella sola lingua Inglese.

**Modalità di esame:**

Vedi testo in Inglese. Il corso sarà erogato nella sola lingua Inglese.

**Criteri di valutazione:**

Vedi testo in Inglese. Il corso sarà erogato nella sola lingua Inglese.

**Testi di riferimento:**

Fossen H., Structural Geology, 2nd Edition. Boston: Cambridge University Press., 2016 Passchier C. & Trouw R.A., Microtectonics, 2nd Edition. Berlin: Springer, 2014 Pollard D. & Martel S., Structural Geology: a quantitative introduction. Boston: Cambridge University Press, 2020 Scholz C.H., The mechanics of earthquakes and faulting, 3rd Edition. Boston: Cambridge University Press, 2019 Paterson M. & Wong T.F., Experimental Rock Deformation - The Brittle Field, 2nd Edition. Berlin: Springer, 2005

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Vedi testo in Inglese. Il corso sarà erogato nella sola lingua Inglese.

## ELECTROMAGNETISM

**Titolare:** Prof. ALVISE RACCANELLI

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Basi di fisica I e analisi matematica (integrali, derivate, limiti). Basi di calcolo vettoriale

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Elettrostatica, magnetostatica Calcolo vettoriale differenziale e integrale campi elettrici e magnetici, potenziali equazioni di Maxwell

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni in presenza e via zoom

**Contenuti:**

Elettrostatica, magnetostatica Calcolo vettoriale differenziale e integrale campi elettrici e magnetici, potenziali equazioni di Maxwell

**Modalità di esame:**

**Criteri di valutazione:**

Comprensione dei concetti spiegati a lezione (disponibili anche nei testi suggeriti) su campi elettromagnetici e calcolo dei campi elettromagnetici in specifiche situazioni

**Testi di riferimento:**

Griffiths, David Jeffrey, Introduction to electrodynamics. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1999 Landau, Lev Davidovi?, >Teoria dei campi. Roma Mosca: Editori Riuniti Mir, 1994 Purcell, Edward M., Electricity and magnetism. Cambridge: Cambridge University press, 2013 Jackson, John David, Classical electrodynamics. New York etc.: John Wiley & Sons, 1999 Mazzoldi, Paolo, >Elettromagnetismo, onde. Napoli: EdiSES, 1998

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

1. — Richard P. Feynman The Feynman Lectures on Physics (volume 2 and parts of volume 1) 2. — David Griffiths Introduction to Electrodynamics 3. — Edward Mills Purcell and D. J. Morin Electricity and Magnetism 4. — Lev Landau and Evgeny Lifshitz The Classical Theory of Fields (Course of Theoretical Physics volume 2) 5. — John David Jackson Classical Electrodynamics 6. Tong: Lectures on Electromagnetism <https://www.damtp.cam.ac.uk/user/tong/em.html>

**ENVIRONMENTAL AND ENGINEERING GEOPHYSICS**

**Titolare:** Prof. JACOPO BOAGA

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A+36E; 9,00

**Prerequisiti:**

I prerequisiti essenziali includono: corso di Geofisica Applicata anno I

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di introdurre gli studenti all'utilizzo di tecniche geofisiche per applicazione ingegneristiche e ambientali per la prevenzione del rischio. Saranno pertanto discussi i metodi in grado di offrire informazioni ad alta risoluzione e con penetrazione limitata nel sottosuolo. Al fine di una più completa ed autentica comprensione delle capacità e dei limiti dei metodi proposti, ogni metodo verrà analizzato valutando casi concreti di applicabilità. Al termine del corso gli studenti dovranno aver acquisito capacità critiche rispetto ai punti di forza e di debolezza di ciascun metodo per i vari rischi affrontati, valutando i singoli metodi geofisici rispetto ad altri metodi, oltre che una generale capacità di comprendere quali possono essere utilizzati per quali scopi, e in che modo.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali. Esercitazioni in laboratorio ed in campo.

**Contenuti:**

Il corso si comporrà di 3 parti: Parte 1: introduzione pratica agli strumenti impiegati per la geofisica di esplorazione Metodi geofisici applicati ai rischi naturali: - Metodi geofisici per rischi idrogeologici - Metodi geofisici per la caratterizzazione del suolo Parte 2: metodi geofisici applicati al rischio sismico: - introduzione alla sismologia applicata - pericolosità e rischio sismico - pericolosità nazionale e locale - Scenari di pericolosità e Risposta sismica locale - Metodi geofisici per la caratterizzazione della risposta sismica locale - modellazioni di scuotimento Parte 3 - Attività esercitativa di acquisizione e trattamento dati geofisici Verranno privilegiati gli aspetti applicativi dei metodi descritti, con esempi tratti dalla letteratura e dall'esperienza del docente. Dei principali metodi verrà data dimostrazione in campo, cui seguirà l'elaborazione, l'inversione e l'interpretazione dei dati in laboratorio.

**Modalità di esame:**

Esame orale con discussione di un articolo scientifico a scelta tra quelli proposti e distribuiti agli studenti

**Criteri di valutazione:**

Verranno valutate: - capacità di esporre un articolo scientifico sulla materia - capacità di analisi critica dei metodi presentati - capacità di legare possibili metodi a specifiche applicazioni

**Testi di riferimento:**

Kramer, Geotechnical Earthquake Engineering. : Pearson, 1996 Everett, Near-Surface Applied Geophysics. : Cambridge University press, 2013

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Slides fornite dal docente

**EXPLORATION SEISMOLOGY**

**Titolare:** Dott. LORENZO PETRONIO

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 32A+24E; 6,00

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## GEOLOGY FOR GEOPHYSICS

**Titolare:** Prof. VALERIO OLIVETTI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 40A; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze dei concetti di base di geologia e geofisica

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di approfondire le conoscenze dei processi geologici a studenti provenienti da diverse lauree triennali. Il corso sarà focalizzato sui concetti fondamentali delle discipline delle scienze della terra che saranno trattati nel contesto di un caso specifico di studio: la catena dell'Appennino. All'inizio del corso, un'escursione di tre giorni attraverso la catena dell'Appennino settentrionale, permetterà agli studenti di familiarizzare con le rocce che formano l'Appennino e con i processi geologici che verranno trattati durante il corso.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Il corso consiste di una escursione di terreno (1CFU) e lezioni frontali in aula (5CFU). Durante i 3 giorni di escursione gli studenti impareranno a osservare e descrivere le rocce e le strutture tettoniche, riempire il libretto di campagna e prendere misure geologico-strutturali. Attività didattica in aula sarà svolta con presentazione in PowerPoint e integrata con video, immagini e affioramenti virtuali. Verranno utilizzate carte geologiche e cartografia numerica.

**Contenuti:**

Il corso è strutturato per fornire le conoscenze base della geologia che possano essere utili a un geofisico, al fine di interpretare le osservazioni fatte sul campo. Le rocce saranno insegnate in relazione agli ambienti geodinamici di formazione, per descrivere le formazioni delle rocce sedimentarie, delle rocce ignee e delle rocce metamorfiche. Il corso avrà un carattere pratico: dall'osservazione all'interpretazione. Per questo motivo saranno effettuate tre escursioni sul campo, in cui si effettueranno osservazioni, si acquisiranno dati geologici e si imparerà a organizzare un lavoro di campagna. Il corso prevede l'insegnamento della lettura di carte geologiche. - Tettonica a placche e ciclo di Wilson. - Processo orogenico e introduzione alla formazione e evoluzione di Appennini e Alpi. - Rocce sedimentarie, nel contesto dell'evoluzione degli Appennini e delle Alpi. - Rocca ignea, nel contesto dell'evoluzione degli Appennini e delle Alpi. - Rocce metamorfiche, nel contesto dell'evoluzione degli Appennini e delle Alpi. - Deformazione delle rocce - Processi di superficie - Carte geologiche geologica - Raccolta e gestione dei dati geologici sul campo

**Modalità di esame:**

Sarà svolto un esame scritto che verterà sui differenti argomenti del corso e dell'escursione

**Criteri di valutazione:**

La valutazione sarà mirata a valutare le conoscenze e le competenze acquisite, con particolare attenzione ai seguenti aspetti: - comprensione dei concetti trattati durante il corso e l'escursione - corretto uso di termini geologici - capacità di sintesi e di connessione tra concetti teorici e osservazioni di campagna. - Partecipazione attiva in classe e durante l'escursione

**Testi di riferimento:**

Press, F. & Siever, Understanding Earth, 3rd. ; Tarbuck, Lutgens & Tasa, Earth: An Introduction to Physical Geology. ; ,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

- Articoli scientifici e materiale specifico verrà fornito dal docente su particolari aspetti trattati a lezione. - Anatomy of an orogen : the Apennines and adjacent mediterranean basins / edited by Gian Battista Vai and I. Peter Martini - Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (coords) – structural model of Italy. sheets 1, 2, 3, 4, 5, and 6. scale 1:500,000. quaderni de "la ricerca scientifica", 114, vol. 3. cnr.

## GEOPHYSICS FOR CULTURAL HERITAGE AND CIVIL ENGINEERING

**Titolare:** Prof.ssa RITA DEIANA

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## GEORESOURCES

**Titolare:** Prof. MASSIMILIANO ZATTIN

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze generali di geologia

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Lo studente dovrà acquisire: - padronanza del concetto di georisorsa e di giacimento minerario; - conoscenza di base delle caratteristiche geologiche, mineralogiche ed economiche, delle proprietà fisiche e della distribuzione delle principali tipologie di giacimenti di minerali metalliferi e industriali e di idrocarburi; - comprensione del ruolo e del potenziale della geofisica nella prospezione geomineraria.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Le attività prevedono lezioni frontali, in cui i contenuti del corso vengono affrontati con l'ausilio di presentazioni powerpoint.

**Contenuti:**

1. Elementi di geologia economica. Risorse, riserve, giacimenti. Tipologie di georisorse. Produzione di minerali e di idrocarburi nel mondo. Critical Raw Materials. 2. Risorse di minerali metalliferi e industriali e di idrocarburi: a. Cenni sulla classificazione, ambientazione geologica e distribuzione dei giacimenti di minerali metalliferi e industriali (magmatici, idrotermali, sedimentari, supergenici) e dei giacimenti di idrocarburi (convenzionali e non-convenzionali). b. Proprietà fisiche dei corpi mineralizzati e delle rocce serbatoio (densità, proprietà elettriche e magnetiche, morfologia, continuità, volume). Relazioni tra corpi mineralizzati, rocce incassanti e loro alterazioni. c. Fasi dell'esplorazione geomineraria (regionale, strategica, tattica, studi di fattibilità, coltivazione) e ruolo della geofisica. d. Casi di studio con esempi di applicazione della geofisica nell'esplorazione geomineraria

**Modalità di esame:**

Prova scritta

**Criteri di valutazione:**

Si valuteranno la comprensione dei principi della giacimentologia, la conoscenza delle principali caratteristiche fisiche delle georisorse minerali e di idrocarburi e dei loro reservoir geologici, e della loro variabilità in diversi contesti, e la comprensione del ruolo della geofisica nella prospezione geomineraria.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il materiale didattico (diapositive) presentato durante le lezioni frontali verrà reso disponibile su piattaforma Moodle.

## GEOTECHNICS

**Titolare:** Dott. LORENZO BREZZI

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## GEOTHERMICS

**Titolare:** Prof. ANTONIO GALGARO

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 24A+12E+16L; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenza di base in idrogeologia, termodinamica, geologia-strutturale, geochimica, fisica terrestre

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il presente corso, si propone di fornire competenze di carattere quantitativo riguardanti le tecniche di reperimento, l'impiego e la sostenibilità delle risorse geotermiche di varia natura, la conversione in energia elettrica, meccanica e termica, trattando i vari aspetti di utilizzo del calore di origine endogeno per usi antropici, nonché di impiego del sottosuolo come sorgente/recettore di calore per scopi di climatizzazione di edifici; la preparazione dello studente si focalizzerà inoltre sull'analisi delle potenzialità dell'ambiente geologico per lo stoccaggio stagionale e diurno di energia termica.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Le lezioni saranno di tipo frontale anche con prove di utilizzo di codici di calcolo di tipo analitico. Sono previste alcune escursioni in campi geotermici italiani ed in cantieri di perforazione geotermica.

**Contenuti:**

Il corso si propone di approfondire gli aspetti applicativi della geotermia relativamente ai seguenti contenuti: proprietà termo-fisiche dei materiali naturali; relazioni tra geo-strutture e trappole geotermiche, metodologie geochimiche ed isotopiche di indagine geotermica, metodologie di indagine termo-fisica. Esempi di esplorazione ed utilizzo del calore endogeno, oltrechè dell'impiego del sottosuolo quale sorgente e recettore termico verranno descritti nel dettaglio valutando in particolare la competenza geologica s.l., in un'ottica fortemente multidisciplinare. Escursioni in cantiere geotermico presso impianti di varia tipologia in fase di realizzazione, e a Larderello (Toscana) in visita agli impianti di produzione di energia geoelettrica e teleriscaldamento di Enel Green Power, escursione presso impianti di stoccaggio termico nel sottosuolo. La risorsa geotermica ed il quadro energetico attuale. Risorse ad alta e media entalpia. Situazione nazionale ed internazionale, scenari e possibili sviluppi tecnico normativi • Principi fondamentali di termofisica • Proprietà termofisiche dei materiali, meccanismi di trasmissione del calore con enfasi sugli aspetti della conduzione tempovariante, flusso e gradiente geotermico. Il calore endogeno, sorgenti e valutazioni energetiche • Classificazione del sottosuolo, gli acquiferi e le falde, la permeabilità del terreno, pozzi e piezometri, sondaggi e altre forme di rilevazione. Aspetti idrogeologici finalizzati a determinare le caratteristiche di sistemi idrotermici. Sistemi geotermici di alta-media entalpia Metodi di esplorazione, la perforazione geotermica, caratterizzazione dei serbatoi geotermici, modelli di simulazione di serbatoio geotermico, relazioni tra condizioni tettoniche e serbatoi geotermici, risorse geotermiche non convenzionali, valutazioni socio-economiche e di impatto ambientale. Sistemi geotermici di bassa entalpisistemi a circuito aperto con acqua di falda e sistemi a circuito chiuso con scambiatori di calore a terreno. Tipologie di scambiatori a terreno, geostrutture energetiche (geofondazioni), sistemi di accumulo termico nel sottosuolo (ATES) • Il cantiere di perforazione , modalita di realizzazione delle sonde geotermiche (VISITA A CANTIERE). • Pompe di calore geotermiche, integrazione dei sistemi geotermici per la climatizzazione con altri fonti rinnovabili e sistemi ibridi • sistemi di scambio termico a circuito chiuso; esempi di dimensionamento di campi sonde verticali: procedura, parametri d'influenza, metodi analitici semplificati di dimensionamento delle sonde geotermiche; Il Test di Risposta Termica. Teoria, ipotesi di lavoro, modalità operative, analisi dei dati, strumentazione per la prova con apporto termico o sottrazione di calore, incertezze di misura, tecniche innovative sperimentali e di analisi dei dati. • valutazioni della temperatura indisturbata del sottosuolo e sue relazioni con la sorgente solare ed endogena. Analisi tempo-variante dei rapporti sonda terreno. • Impianti a ciclo aperto con utilizzo di acqua di falda, criteri costruttivi e dimensionamento dei pozzi; modelli numerici di simulazione idro-termica di sistemi di pozzi di prelievo e restituzione - applicazioni in free cooling - accumulo termico diurno e stagionale nel sottosuolo e in acquiferi. - La componente ambientale dei sistemi di geoscambio, sostenibilità e rinnovabilità • Normativa nazionale, regionale e provinciale inerente le ricerche e l'utilizzo della risorsa geotermica.

**Modalità di esame:**

Esame orale. La prova prevede la discussione di un argomento preparato singolarmente dallo studente che sia competente gli argomenti del corso

**Criteri di valutazione:**

Livello di conoscenza acquisito sugli argomenti del corso.

**Testi di riferimento:**

Banks, David, >introduction to thermogeologyrisorsa elettronicaground source heating and coolingDavid Banks. Chichester: Wiley-Blackwell, 2012  
Huenges, Ernst, Geothermal energy systemsrisorsa elettronicaexploration, development, and utilizationedited by Ernst Huenges. Weinheim: Wiley-VCH, 0  
Schon, Jurgen H., Physical properties of rocksrisorsa elettronicafundamentals and principles of petrophysicsJ.H. Schön. Amsterdam [etc.]: Elsevier, 2015  
Dincer, Ibrahim; Rosen, Marc A., Thermal energy storagerisorsa elettronicaasystems and applicationsIbrahim Dincer and Marc A. Rosen. Hoboken: NJ, Wiley, 2011  
Paksoy, Halime Ö, Thermal energy storage for sustainable energy consumptionrisorsa elettronicafundamentals, case studies and designedited by Halime Ö Paksoy. Dordrecht: Springer, 2007

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Materiale didattico fornito dal docente e disponibile nel sito del docente.

## HIGH LEVEL PROGRAMMING

**Titolare:** Prof. MARCO ZANETTI

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 24A+24L; 6,00

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Il corso prevede una parte di lezioni frontali (30%) e una parte di lezioni in laboratorio (70%) in aula informatica. Le ore di laboratorio saranno finalizzate ad approfondire ed esercitare le tecniche di analisi dati illustrate durante le lezioni frontali. Verranno proposti esercizi da svolgere utilizzando le risorse di calcolo messe a disposizione dal Dipartimento di Fisica e Astronomia (cloud computing e HPC), nonché dei piccoli progetti di ricerca (esperienze di laboratorio) che gli studenti affronteranno in gruppi di lavoro

**Contenuti:**

- Schema di funzionamento dei calcolatori e delle loro principali componenti. Ottimizzazione dello hardware finalizzata a varie problematiche in ambito di calcolo scientifico: calcolo parallelo, reti e calcolo distribuito - Il linguaggio di programmazione Python: dalle basi alla programmazione avanzata per il calcolo scientifico; principali librerie per la gestione e l'analisi dei dati (numpy, scipy, pandas, scikit-learn, etc.) - Metodi Monte Carlo per la simulazione di fenomeni fisici - Estrazione delle principali proprietà statistiche da dataset fisici e confronto con predizione teorica - Visualizzazione e rappresentazione grafica dei dataset e delle loro proprietà

**Testi di riferimento:**

Rubin Landau, Manuel Paez, Cristian Bordeianu, Computational Physics. : Wiley-VCH,

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Verranno fornite dispense di riferimento per la parte di programmazione in python e la descrizione delle sue principali librerie scientifiche. Si farà spesso riferimento a materiale didattico in formato Jupyter notebook, disponibile su repository pubbliche GitHub.

## INTERNSHIP

**Titolare:** Prof. GIORGIO CASSIANI

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** ; 3,00

## MACHINE LEARNING

**Titolare:** Prof. PIETRO ZANUTTIGH

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze di base di Analisi Matematica, Probabilità, Statistica, Algebra Lineare, Algoritmi e elementi di base di programmazione.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Lo scopo del corso è di fornire i principi fondamentali del problema di apprendimento e di introdurre i principali metodi per la classificazione e la regressione. Il corso includerà esercitazioni in laboratorio. Alla fine del corso lo studente avrà le seguenti conoscenze ed abilità: 1. Conoscerà i principi fondamentali e le principali metodologie dell'apprendimento automatico. 2. Sarà in grado di affrontare problemi di apprendimento supervisionato e non supervisionato. 3. Saprà applicare queste metodologie a diversi scenari e problemi. 4. Sarà in grado di selezionare la metodologia più adatta alla soluzione di uno specifico problema di apprendimento sulla base delle caratteristiche del problema e dei dati a disposizione. 5. Avrà le competenze per utilizzare e adattare sistemi software in grado di risolvere i problemi considerati. 6. Saranno fornite anche competenze relative ad argomenti più avanzati tra cui i metodi di deep learning.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni teoriche con utilizzo sia di slides che della lavagna. Esercitazioni in aula con coinvolgimento degli studenti. Esercitazioni al calcolatore (in laboratorio).

**Contenuti:**

Motivazioni, componenti del problema di apprendimento e applicazioni dell'apprendimento automatico. Apprendimento supervisionato e non supervisionato. 1. Introduzione all'apprendimento supervisionato: Dati, classi di modelli, funzioni di costo, modelli probabilistici e ipotesi sui dati. Regressione e Classificazione. 2. Complessità di un modello, compromesso tra complessità e generalizzazione (dimensione di Vapnik-Chervonenkis, errore di generalizzazione). 4. Modelli per la regressione: regressione lineare, regolarizzazione. 5. Metodi base per la classificazione: Regressione Logistica, Perceptron, Classificatore di Bayes. 6. Metodi "Kernel": Support Vectors Machines. 7. Reti Neurali e Deep Learning. 8. Validazione e selezione dei modelli: errore di generalizzazione, compromesso tra distorsione e varianza, cross validation. Determinazione della complessità del modello. 9. Apprendimento non supervisionato: clustering: K-means, metodi linkage-based. 10. Riduzione della dimensionalità: analisi delle componenti principali (PCA).

**Modalità di esame:**

La valutazione delle conoscenze e delle abilità acquisite viene effettuata mediante due contributi: 1. Una prova scritta a libro chiuso in cui lo studente deve risolvere dei problemi, al fine di verificare l'acquisizione dei principali ingredienti e strumenti del problema di apprendimento, la capacità analitica nel loro utilizzo e la capacità di interpretare i risultati tipici in un problema pratico di apprendimento. 2. Esercitazioni al calcolatore (facoltative) rivolte all'acquisizione delle competenze, anche pratiche, per l'utilizzo degli strumenti di machine learning. Queste esercitazioni, da svolgere a casa, consentono di verificare la

capacità di mettere in pratica i concetti teorici acquisiti. Lo studente deve produrre una breve relazione che descriva le metodologie utilizzate per risolvere il progetto assegnato assieme ai risultati ottenuti. Il voto finale sarà basato sulla prova scritta con un bonus fino ad un massimo di 3 punti per gli studenti che svolgeranno le esercitazioni di laboratorio.

**Criteri di valutazione:**

La valutazione con cui verrà effettuata la verifica delle conoscenze e delle abilità acquisite considera: 1. La completezza delle conoscenze acquisite per quanto riguarda gli strumenti per la predizione (regressione e classificazione). 2. La capacità di risolvere un problema di apprendimento attraverso le tecniche proposte 3. La proprietà nella terminologia tecnica usata, sia scritta che orale 4. L'originalità e indipendenza nella identificazione delle metodologie più adatte a risolvere uno specifico problema di apprendimento. 5. La capacità di interpretare i risultati in un problema pratico di apprendimento 6. Abilità nell'utilizzo degli strumenti informatici per l'apprendimento automatico 7. L'abilità analitica e pratica nell'uso di questi strumenti per la soluzione di semplici problemi.

**Testi di riferimento:**

Shalev-Shwartz, Shai; Ben-David, Shai, Understanding machine learning: From theory to algorithms. Cambridge: Cambridge University Press, 2014

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il corso sarà basato sul libro di testo: "Understanding Machine Learning: from Theory to Algorithms" ad eccezione della parte su reti neurali e deep learning. Tutto il materiale didattico presentato durante le ore di lezione frontale, altro materiale aggiuntivo e informazioni dettagliate sulle modalità d'esame saranno resi disponibili sulla piattaforma elearning ( <http://elearning.dei.unipd.it> ).

## MANAGEMENT AND ANALYSIS OF PHYSICS DATASETS

**Titolare:** Prof. JACOPO PAZZINI

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali per gli argomenti introduttivi. Sessioni hands-on con esempi svolti dai docenti in live-coding. Esercizi ed esempi da svolgere in laboratorio di informatica.

**Contenuti:**

Part 1) Data Management Introduction to data structures Storage Models Reliability Availability Authentication, Authorization Local and Distributed File systems Cloud storage Databases Part 2) Data processing Introduction to parallel processing Distributed Computing Systems and the Grid paradigm Cloud computing service models Virtualization Containerization Hadoop as a paradigm for big data processing Data processing with Spark Data processing with Dask Kafka as a distributed streaming platform

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Saranno rese disponibili le slides usate durante le lezioni, i notebook con le sessioni di esempi svolti, e il materiale per lo svolgimento di esercizi. Tutto il materiale del corso verrà reso accessibile attraverso la piattaforma Moodle.

## MATHEMATICAL PHYSICS FOR THE EARTH SYSTEM

**Titolare:** Prof. LAPO BOSCHI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Matematica e fisica al livello di maturità scientifica (trigonometria, derivate, integrali, leggi di Newton)

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Oltre ai temi sotto elencati, gli studenti apprenderanno a risolvere problemi in geofisica teorica, servendosi di Matlab e/o degli strumenti classici del calcolo analitico.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali, laboratori di programmazione (Matlab)

**Contenuti:**

• elementi di algebra lineare e analisi matematica • teoria della gravitazione • elementi di fluidodinamica • elementi di acustica • teoria dell'elasticità • teoria dei problemi inversi lineari • elementi di informatica (Matlab/Octave)

**Modalità di esame:**

prova scritta con domande sul contenuto del corso e risoluzione di problemi usando gli strumenti appresi durante il corso.

**Criteri di valutazione:**

Il docente cercherà, insieme a ciascun studente, di valutare la comprensione da parte dello studente dei concetti affrontati durante il corso.

**Testi di riferimento:**

Love, A treatise on the mathematical theory of elasticity. : Dover, 1892 Ewing, Jardetzky and Press, Elastic Waves In Layered Media. : McGraw-Hill, 1957

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il corso non si basa su un libro di testo specifico, ma diversi libri che il docente ritiene potenzialmente utili sono suggeriti. Tutti gli studenti dovranno avere installato una copia di Matlab, che possono ottenere tramite licenza Unipd.

**NUMERICAL METHODS FOR CONTINUOUS SYSTEMS**

**Titolare:** Prof.ssa ANTONIA LARESE DE TETTO

**Mutuato da:** Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Basic knowledge on: - partial differential equations (PDEs) - finite element analysis; - linear algebra (and elements of functional analysis); - programming (e.g., matlab, python, ...)

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Objective: Introduce the students to the advanced topics in the numerical solution of PDEs modeling continuous systems. Outcomes: A student who has met the objectives of the course will have a fundamental knowledge of : - Numerical methods for CFD - Numerical methods for Computational Mechanics

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lecture supported by tutorial, assignment, exercises and laboratory activities. Students are required to work on computer implementation of both linear algebra and discretization methods using the techniques developed during the course lectures (Matlab is suggested but other programming languages of their choice are allowed) for the solution of a practical problem as indicated by the teacher.

**Contenuti:**

1. Review of PDEs for classical problems in science and engineering (convection diffusion, linear elastic problem, Stokes problem, de Saint Venant and Navier Stokes equations) 2. FEM methods for elliptic equations and stabilization (SD, SUPG); 3. Mixed formulations and saddle point problems; 4. Extensions to systems of PDEs - stability and (INF-SUP/LBB condition; 5. Stokes equation 6. Method of Lines for parabolic equations 7. Discretization of Navier Stokes equations 8. Practical implementations.

**Modalità di esame:**

To be defined.

**Criteri di valutazione:**

Critical knowledge of the course topics. Ability to present the studied material. Discussion of the student project.

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Lecture notes and reference books will be given by the lecturer.

**NUMERICAL METHODS FOR DIFFERENTIAL EQUATIONS**

**Titolare:** Dott. LUCA BERGAMASCHI

**Mutuato da:** Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Calcolo Numerico, Algebra Lineare , calcolo vettoriale basico, nozioni di equazioni alle derivate parziali.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di fornire agli studenti della laurea in Ingegneria Matematica i concetti base per la soluzione di equazioni differenziali alle derivate parziali di tipo ellittico e parabolico mediante discretizzazione alle differenze finite ed elementi Finiti. Si approfondiranno inoltre metodi iterativi per la soluzione di sistemi sparsi e di grandi dimensioni che risultano dalle citate discretizzazioni.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Tutte le lezioni sono registrate e i video sono disponibili su Google Drive. Ogni settimana gli studenti sono tenuti a visionare i due video con i contenuti del corso. I contenuti sono corrispondenti a quanto previsto in presenza. In aggiunta, ciascuna settimana ci saranno due ore di lezione sincrona per discutere i video precedentemente visti dagli studenti.

**Contenuti:**

Introduzione al corso. Soluzione di sistemi lineari sparsi di grande dimensione: metodi proiettivi. Soluzione di equazioni differenziali ordinarie: metodi alle differenze, stabilità e convergenza. Soluzione di equazioni alle derivate parziali (PDE) del 2° ordine: classificazione, metodi variazionali, elementi finiti, problemi evolutivi. Soluzione numerica delle PDE della diffusione (filtrazione), del calore. Progetto numerico al calcolatore.

**Modalità di esame:**

Esame orale in cui lo studente dovrà discutere degli aspetti teorici studiati durante il corso e presenterà un progetto numerico al calcolatore in cui sarà richiesto di discretizzare mediante un metodo numerico (differenze finite/elementi finiti) un'equazione ellittica o parabolica.

**Criteri di valutazione:**

Conoscenza critica degli argomenti del corso. Capacità di presentare il materiale di studio. Discussione del progetto al calcolatore.

**Testi di riferimento:**

Giuseppe Gambolati, Massimiliano Ferronato, Lezioni di Metodi Numerici per l'Ingegneria. Padova: Libreria Progetto, 2015. A. Quarteroni, Numerical Models for Differential Equations. : Springer, 2014

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

I testi consigliati sono utili ma non sufficienti. Si consigliano svariate dispense, parte delle quali fornite dal docente alla pagina Moodle, altre consultabili e scaricabili da internet. Per consulta

**NUMERICAL METHODS FOR GEOSCIENCES**

**Titolare:** Prof. MANUELE FACCENDA

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 32A+24E; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze di base di matematica, fisica e MatLab (fornite durante la Laurea Triennale)

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si prefigge di migliorare la comprensione dei processi superficiali e profondi che governano la dinamica della Terra attraverso: 1) la programmazione di codici numerici per la modellizzazione di sistemi petrolologici-termo-meccanici, e 2) l'integrazione delle conoscenze multidisciplinari (matematica, fisica, petrologia, geologia strutturale, geofisica, ecc.) acquisite dallo studente durante la formazione universitaria. Al termine del corso, lo studente sarà quindi in grado di affrontare e risolvere problematiche di tipo geologico in maniera quantitativa applicando le conoscenze specifiche di modellizzazione numerica che si pongono all'avanguardia nelle scienze della Terra. Inoltre, grazie alle numerose esercitazioni in classe, lo studente acquisisce una conoscenza avanzata del software di calcolo MatLab che viene utilizzato in molti ambiti professionali.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Le attività di apprendimento e metodologie di insegnamento sono di due tipi: 1) Lezione frontale in cui verranno discusse i metodi numerico-matematici e le leggi fisiche che descrivono il comportamento dei sistemi geologici 2) Esercitazioni di laboratorio in cui lo studente apprende a programmare codici numerici e visualizzare i risultati tramite MatLab

**Contenuti:**

1. Basi di matematica per equazioni differenziali parziali (derivata, gradiente, divergenza, laplaciano) 2. Proprietà fisiche delle rocce (viscosità, moduli elastici, coesione e coefficiente d'attrito, densità e conducibilità, capacità e diffusività termica) 3. Equazione della diffusione termica, chimica, del profilo topografico e della sovrappressione dei fluidi 4. Tensori di stress, strain e strain rate e relazioni costitutive 5. Deformazione visco-elasto-plastica 6. Equazione della conservazione della massa 7. Equazione della conservazione del momento 8. Equazione della conservazione dell'energia 9. Metodo numerico: differenze finite con particle-in-cell (schema misto Euleriano-Lagrangiano) 10. Risoluzione dei sistemi di equazioni con metodi iterativi (Gauss-Siedel) o diretti (Gauss elimination)

**Modalità di esame:**

Orale con prova pratica

**Criteri di valutazione:**

Apprendimento dei contenuti del corso Partecipazione alle lezioni Esecuzione degli esercizi assegnati durante il corso

**Testi di riferimento:**

Gerya, Taras V., Introduction to numerical geodynamic modelling Taras V. Gerya. Cambridge: Cambridge University Press, 2010 Turcotte, Donald L.; Schubert, Gerald, Geodynamics Donald L. Turcotte, Gerald Schubert. Cambridge: Cambridge University Press, 2014

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Materiale didattico fornito dal docente e disponibile sulla piattaforma MOODLE

**NUMERICAL METHODS FOR HIGH PERFORMANCE COMPUTING**

**Titolare:** Prof. CARLO JANNA

**Mutuato da:** Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Obiettivi Introdurre gli studenti alla conoscenza di metodologie avanzate per la soluzione numerica di equazione differenziali alle derivate parziali nell'ambito dei sistemi continui. Risultati Lo studente che ha raggiunto gli obiettivi sarà in grado di comprendere e utilizzare i: - Metodi Numerici della Fluidodinamica Computazionale (CFD) - Metodi Numerici della Meccanica Computazionale (CFD)

**Contenuti:**

1. Navier-Stokes and de Saint-Venant equations and their simplifications: Stokes problem; convection-diffusion equation; linear elasticity; 2. FEM methods and stabilization (INF-SUP/LBB condition); 3. Mixed formulations and saddle point problems; 4. Finite volumes and finite differences; 5. Extensions to systems of PDEs; 6. Connections between finite elements, finite volumes, finite differences and spectral methods; 7. Solution of real-world problems: mesh construction; boundary conditions; nonlinear and stiff problems; 8. Solution of associated linear and nonlinear algebraic systems; 9. Modern methods of projection into divergence free spaces; 10. Practical implementations.

**Modalità di esame:**

Modalità di esame in via di definizione

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## NUMERICAL MODELLING OF HYDROLOGICAL PROCESSES

**Titolare:** da definire

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Contenuti:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Modalità di esame:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Criteri di valutazione:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

CONTENUTO NON PRESENTE

## PETROPHYSICS

**Titolare:** Dott.ssa ELOISA DI SIPIO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze di base di matematica, di fisica e di geofisica acquisite durante la Laurea Triennale.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di fornire agli studenti gli strumenti concettuali e pratici per acquisire una conoscenza approfondita delle proprietà fisiche fondamentali delle rocce e su come misurarle, sia in laboratorio che in situ. Lo studente acquisirà conoscenze relative a: - le principali caratteristiche petrofisiche di rocce e sedimenti; - principi della fisica nelle proprietà della roccia; - le diverse influenze e correlazioni tra proprietà fisiche e litologiche delle rocce; - una panoramica delle principali apparecchiature di laboratorio e di "well logging". Le abilità attese alla fine del corso sono: - essere in grado di orientarsi sui metodi di individuazione delle proprietà petrofisiche delle rocce anche al fine di risolvere problemi di carattere geologico, ambientale o ingegneristico - acquisire la capacità di elaborare ed interpretare i dati acquisiti

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Il corso prevede 48 ore di apprendimento frontale in aula. I contenuti del corso vengono svolti tramite supporto informatico (i.e. files in PowerPoint). Esercitazioni in aula per il processamento e l'interpretazione dei dati saranno organizzate mediante uso di software dedicati (i.e. Excel, LogView+...).

**Contenuti:**

I contenuti del corso consistono in: 1. Rocce - Classificazione e proprietà generali: panoramica delle proprietà fisiche delle rocce e dei depositi incoerenti, introduzione ai metodi di misurazione in laboratorio su campioni; 2. Proprietà della microstruttura: tessitura, porosità, superficie interna specifica, fluidi interstiziali, permeabilità, pressione capillare; 3. Risonanza magnetica nucleare (NMR): principi, misure e applicazioni 4. Densità: definizione, densità dei componenti delle rocce, densità delle rocce; 5. Proprietà nucleari/radioattive: radioattività naturale, interazioni delle radiazioni gamma e delle radiazioni di neutroni; 6. Proprietà elastiche: proprietà elastiche delle rocce; 7. Proprietà geomeccaniche: proprietà e processi geomeccanici fondamentali nei materiali litici, deformazione, stress e tensione; 8. Proprietà elettriche: proprietà elettriche dei materiali litici e non consolidati, ruolo dei fluidi interstiziali; 9. Proprietà termiche: proprietà termiche dei minerali e delle rocce; 10. Proprietà magnetiche: proprietà magnetiche delle rocce e dei minerali; 11. Well-logging: concetti, tecniche, dati ed esempi interpretativi; 12. Esercitazioni in aula e in laboratorio su alcune proprietà petrofisiche delle rocce.

**Modalità di esame:**

Un esame orale sui temi trattati e discussi durante le lezioni frontali verificherà il grado di conoscenza acquisito.

**Criteri di valutazione:**

I criteri di valutazione adottati sono: • capacità di spiegare e inquadrare correttamente i concetti presentati nel corso; • capacità di applicare le conoscenze acquisite a situazioni reali o ipotetiche per la risoluzione di problemi geologici, ambientali e ingegneristici; • capacità di adottare un approccio logico e analitico per individuare e correlare le varie proprietà fisiche, finalizzato alla soluzione di problemi geo-ingegneristici ed ambientali; • acquisire abilità comunicative di confronto e sintesi, testate anche durante le attività in classe (ad es. lavoro di squadra, analisi e presentazione di articoli o esercitazioni scientifiche).

**Testi di riferimento:**

SERRA, Oberto; WESTAWAY, P; ABBOTT, H, Fundamentals of well-log interpretation. I: The acquisition of logging data. : Elsevier, 1984 Ellis, Darwin V; Singer, Julian M, Well Logging for Earth Scientists. Dordrecht: Springer Netherlands, 2007 Kennedy M., Practical Petrophysics. : Elsevier, 2015 Mcphee, Colin; Reed, Jules; Zubizarreta, Izaskun, Core Analysis: A Best Practice Guide. San Diego, CA, USA: Elsevier Science, 2015 Schon, Jurgen H., Physical properties of rocks fundamentals and principles of petrophysics Juergen H. Schön. Amsterdam: Elsevier, 2015 Tiab, Djebbar, Petrophysics theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties. Waltham: Gulf professional publishing, 2016

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il Materiale didattico presentato durante le lezioni frontali è disponibile sulla piattaforma Moodle.

## PHYSICS DATA ANALYSIS

**Titolare:** Prof. MARCO BAIESI

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

**Periodo:** 1 anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 24A+24L; 6,00

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lo scopo di questo corso è di esporre gli studenti a strumenti moderni per classificare i dati e le tecniche di apprendimento automatico, in modo che possano applicare tali metodi nelle esperienze di laboratorio con i computer. La prima parte del corso (24 ore) è riservata a questo scopo di apprendere i principi generali attraverso le applicazioni, mentre la seconda metà del corso consente agli studenti, in piccoli gruppi, di sviluppare una comprensione più profonda di uno specifico argomento eseguendo un piccolo progetto. La prima metà del corso includerà spiegazioni teoriche di una procedura chiave per l'analisi dei dati o di una classe di algoritmi, seguite da esercizi pratici in cui gli studenti applicheranno le nuove idee al computer. Ci si aspetta che questo apprendimento per esperienza pratica migliori la comprensione degli strumenti teorici. L'analisi numerica comprende l'adozione e la modifica di software pre-costruito o lo sketch di semplici algoritmi da zero. Il testo principalmente seguito nel corso è una review open access: "A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists" di Mehta et al, Physics Reports, 810, 1-124 (2019). Questa review fornisce anche utili notebook python per analizzare i dati ed è collegata a strumenti come il pacchetto scikit-learn. Alcuni di quei notebook sono utili per il corso, ma in varie lezioni si scrivono nuovi notebook da zero.

**Contenuti:**

\* Metodi di discesa dei gradienti \* Regolarizzazione: Ridge e LASSO \* Apprendimento supervisionato e non supervisionato \* Reti neurali e loro versione convoluzionale \* Clustering \* Visualizzazione di dati \* Modelli basati sull'energia \* Macchine di Boltzmann ristrette \* Combinazione di modelli: bagging, random forests, boosting, XGBoost

**Testi di riferimento:**

P. Mehta, M. Bukov, Ching-Hao Wang, A.G.R. Day, C. Richardson, C. K. Fisher, D.J. Schwab, "A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists". : ,

## PROGRAMMABLE HARDWARE DEVICES

**Titolare:** Prof. GIANMARIA COLLAZUOL

**Mutuato da:** Laurea magistrale in Physics of Data (Ord. 2018)

**Periodo:** Il anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

- Frontal Lecturing (50%) + Hands-on Laboratory (50%) - Case studies, Problem based learning

**Contenuti:**

PART I - Electronics for real-time data management systems 1) Data Sources - signal generation in sensors/detectors - early (analog) data processing (amplification, filtering, ...) - digitization (A/D, ADC, TDC, ...) - timing, sync and control signals distribution systems 2) Data Transport - Data Transport Architectures - Physical layers for data streams - Interconnections and buses 3) Real Time Data Processing - Digital ports and logics - Storage units - Memories - Processing units - focusing on FPGA - Parallel data streams 4) Real Time Data Filtering and System Control - Trigger generation and distribution - Transducers and System Control PART II - Hands-on Laboratory of data management with FPGA 1) Introduction to FPGA and intro to the ARTY A7 board 2) FPGA Programming framework, Simulation and Test-Bench 3) Combinational Logic Circuits 4) Sequential Logic Circuits 5) Virtual Input Output and Integrated Logic Analyzer 6) Arithmetic Operations - case study: DAC/ADC and FIR Filter 7) Finite State Machines 8) Memories 9) Buses and Protocols - case study: SPI interface for accessing Flash memory - case study: IPBUS - communication FPGA-PC via Ethernet interface NOTE - Examples and Case studies will be chosen in various fields: from High Energy Physics to Astro-particle and Space Physics Systems on satellites; from Nuclear Imaging Medicine to Low-Latency Market Data Feed Processing; from Biomedical and Neuro Sciences to Gravitational Wave Physics.

**Testi di riferimento:**

Mark Zwolinski, Digital System Design with VHDL. : Prentice Hall, 2004

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

- Slides and lecture notes (provided via Moodle)

**SOLID EARTH GEOPHYSICS**

**Titolare:** Prof. LAPO BOSCHI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A+36E; 9,00

**Prerequisiti:**

Matematica e fisica al livello di maturità scientifica (trigonometria, derivate, integrali, leggi di Newton)

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Oltre ai temi sotto elencati, gli studenti apprenderanno a risolvere problemi in geofisica teorica, servendosi di Matlab e/o degli strumenti classici del calcolo analitico.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Lezioni frontali, laboratori di programmazione (Matlab)

**Contenuti:**

• sismologia: la struttura della terra • geochimica: la composizione della terra • geodinamica: l'origine delle montagne • geodinamica: deriva dei continenti e tettonica a placche • geodinamica: reologia e convezione

**Modalità di esame:**

prova scritta con domande sul contenuto del corso e risoluzione di problemi usando gli strumenti appresi durante il corso.

**Criteri di valutazione:**

Il docente cercherà, insieme a ciascun studente, di valutare la comprensione da parte dello studente dei concetti affrontati durante il corso.

**Testi di riferimento:**

Allègre, Claude, From Stone to Star: A View of Modern Geology. : Harvard University Press, 1994 Attaway, Stormy, MATLAB : a practical introduction to programming and problem solving. Butterworth-Heinemann: , 2013 Lowrie, Fundamentals of Geophysics. : Cambridge University Press, 1997 Allègre, Claude, The behavior of the earth: continental and seafloor mobility. : Harvard University Press, 1988

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il corso non si basa su un libro di testo specifico, ma diversi libri che il docente ritiene potenzialmente utili sono suggeriti. Tutti gli studenti dovranno avere installato una copia di Matlab, che possono ottenere tramite licenza Unipd.

**STATISTICAL MECHANICS OF COMPLEX SYSTEMS**

**Titolare:** Prof. AMOS MARITAN

**Mutuato da:** Scuola Galileiana di Studi Superiori - Classe di Scienze Naturali

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A; 6,00

**Prerequisiti:**

Buona conoscenza dell'analisi, calcolo e fisica di base. Per gli studenti di "Physics of Data" il corso vale 6 CFU. Tuttavia se non hanno una preparazione adeguata in meccanica statistica sono incoraggiati a seguire tutti e 9 CFU

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Lo scopo del corso è quello di fornire allo studente una visione ampia su come la fisica teorica può contribuire a comprendere i fenomeni in una varietà di campi che vanno da argomenti come i sistemi in equilibrio termodinamico e fuori equilibrio, processi di diffusione e, più in generale, la fisica dei sistemi complessi. Particolare enfasi sarà posta sulle relazioni tra diversi argomenti che consentono un approccio matematico unificato in cui il concetto di universalità avrà un ruolo importante. Il corso tratterà una serie di sistemi fisici paradigmatici che hanno segnato l'evoluzione della fisica statistica nel secolo scorso. Ogni problema fisico, la sua modellazione e la sua soluzione saranno descritti in dettaglio usando potenti tecniche matematiche. Risultati: Uno studente che abbia raggiunto gli obiettivi del corso avrà l'abilità di: proporre modelli minimali ispirati alla meccanica statistica di sistemi naturali/complessi a partire da dati empirici; Risolvere i modelli utilizzando metodi analitici esatti ed approssimati e predire comportamenti verificabili sperimentalmente o da accurate e sofisticate analisi dei dati; Comprendere le predizioni dei modelli in termini di fasi, transizioni di fase, leggi di scala. Lo studente avrà le conoscenze adatte e la corretta predisposizione per affrontare e risolvere problemi di varia natura con modelli che catturano gli ingredienti essenziali.

**Attività di apprendimento previste e metodologie di insegnamento:**

Il corso è organizzato in lezioni il cui contenuto è presentato alla lavagna, a volte con l'aiuto di immagini, diagrammi e video. L'insegnamento è interattivo, con domande e presentazione di casi studio, al fine di promuovere la discussione e il pensiero critico in classe.

**Contenuti:**

Il programma può essere riassunto come segue Meccanica statistica ed Entropia Modello di Ising Principi variazionali in meccanica statistica Reti complesse. Principio di massima entropia e inferenza Processi di diffusione e dinamica stocastica Simulazioni Montecarlo Dinamica delle e sulle reti. Dinamica delle popolazioni con applicazioni agli ecosistemi Reti neurali

**Modalità di esame:**

La prima parte della verifica delle conoscenze acquisite sarà valutata attraverso esercizi a casa e la partecipazione degli studenti alle discussioni di classe. La seconda parte avrà luogo attraverso, una prova scritta comune con vari esercizi e domande aperte per testare le conoscenze sui concetti di base, il vocabolario scientifico, la capacità di sintesi e discussione critica acquisita durante il corso. La terza parte e' sarà orale e si baserà su una discussione dei vari argomenti del corso.

**Criteri di valutazione:**

I criteri utilizzati per verificare le conoscenze e le competenze acquisite sono: 1) comprensione degli argomenti trattati; 2) capacità critica di collegare le conoscenze acquisite; 3) completezza delle conoscenze acquisite; 4) capacità di sintesi; 5) comprensione della terminologia utilizzata 6) capacità di utilizzare le metodologie analitiche e le tecniche computazionali illustrate durante il corso per risolvere o almeno affrontare i problemi fissati su sistemi complessi in cui la meccanica statistica svolge un ruolo importante.

**Testi di riferimento:**

Bressloff, Stochastic Processes in Cell Biology. : Springer, 2014 J. P. Sethna, Entropy, Order Parameters and Complexity. : Oxford, 2015

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Sethna, James. Statistical mechanics: entropy, order parameters, and complexity. Vol. 14. Oxford University Press, 2006. Bressloff, Paul C. Stochastic processes in cell biology. Vol. 41. Berlin: Springer, 2014. Appunti di lezioni e capitoli da altri testi