



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



**Bollettino Notiziario - A.A. 2020/2021**

## **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:**

L'esame consiste in una prova scritta (da affrontare singolarmente) in cui vengono proposti esercizi di statistica e della discussione orale di un breve progetto di ricerca condotto in gruppo dagli studenti; tale progetto di ricerca verte su tematiche di fisica moderna per le quali si richiede l'applicazione di tecniche e concetti di statistica illustrati durante le lezioni

**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:**

Sivia, Devinder S.; Skilling, John, Data analysis a Bayesian tutorial. S. Sivia with J. Skilling. Oxford: Oxford University press, 2006

**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 raffrontano 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:**

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 Parasnis, Dattatraya Shripad, Principles of applied geophysics D. S. Parasnis. London [etc.]: Chapman & Hall, 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.

## DIGITAL DATA PROCESSING

**Titolare:** Dott.ssa ILARIA BARONE

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

## ELECTROMAGNETISM

**Titolare:** Prof. ALVISE RACCANELLI

**Periodo:** I anno, 1 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:**

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

## GEOLOGY FOR GEOPHYSICS

**Titolare:** Prof. VALERIO OLIVETTI

**Periodo:** I anno, 1 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 48A+36E; 6,00

**Prerequisiti:**

Conoscenze dei concetti di base di geologia e geofisica

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso si propone di approfondire la conoscenza 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:**

Gli argomenti del corso verranno sviluppati a partire dal caso di studio specifico della catena appenninica. L'osservazione e l'acquisizione di dati di campagna saranno integrati per ricostruire l'evoluzione spaziale e temporale di un orogeno e per rintracciare le evidenze dei processi geodinamici nel record geologico. Il corso tratterà i seguenti argomenti: - tettonica delle placche e ciclo di Wilson - estensione continentale, rifting e drifting - il processo di subduzione e la dinamica di un orogeno: la subduzione appenninica, l'arretramento dello slab, il bacino di retroarco, i bacini sedimentari intra-orogenici - metamorfismo: processi metamorfici e il metamorfismo appenninico - vulcanismo. Origine e significato geodinamico del vulcanismo appenninico - sollevamento, esumazione e erosione della catena: definizioni e quantificazione e meccanismi

**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 osservazione di campagna. - Partecipazione attiva in classe e durante l'escursione

**Testi di riferimento:**

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

**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

**Titolare:** Prof.ssa RITA DEIANA

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Prerequisiti:**

Conoscenze di base di geofisica applicata acquisite durante la Laurea Triennale e/o con specifici corsi di geofisica applicata previsti al primo anno della Laurea Magistrale.

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso offrirà allo studente una panoramica sui metodi geofisici utilizzati a diversa scala e in diversi contesti per indagini nel campo dei Beni Culturali e dell'Ingegneria Civile. Verranno offerti gli elementi per analizzare le principali problematiche riguardanti le indagini a bassa profondità in sistemi complessi e

pluristratificati sia in ambito urbano che extra-urbano. In particolare lo studente acquisirà conoscenze relative a: - prospezioni geofisiche finalizzate alla ricerca di strutture sepolte in campo archeologico a media e larga scala per indagini sulla terraferma e in ambiente subacqueo; - metodi per le indagini indoor e outdoor in ambito urbano per scopi archeologici, identificazione di sottoservizi e caratterizzazione dei suoli e delle strutture di fondazione; -metodi di indagine non invasiva per il controllo strutturale degli edifici; -metodi per la diagnostica non invasiva su apparati decorativi e manufatti di interesse storico-artistico.

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

Lezioni frontali con possibili applicazioni/esercitazioni in contesti reali

**Contenuti:**

Il corso prevede 4 moduli: 1. Metodi di indagine geofisica per la ricerca archeologica a diversa scala: - misure ERT - metodi magnetici e del gradiente magnetico - metodi FDEM multi-coil e multifrequenza - metodo GPR - metodi sismici/acustici 2. Metodi di indagine geofisica per le indagini e la caratterizzazione dei suoli in ambito urbano: - misure ERT - misure GPR 3. Indagini geofisiche per il controllo strutturale degli edifici: - misure GPR - misure soniche e ultrasoniche 4. Diagnostica non invasiva e metodi ad alta risoluzione per l'analisi e lo studio degli apparati decorativi e i manufatti di interesse storico-artistico: - radar olografico (HSR) - termografia IR - Imaging multispettrale

**Modalità di esame:**

L'esame prevede una prova orale incentrata sulla discussione un caso di studio a scelta dello studente, anche tra quelli proposti durante il corso.

**Criteri di valutazione:**

Lo studente dovrà dimostrare: - capacità critica nell'individuazione e soluzione dei problemi legati a all'applicabilità di diversi metodi di indagine in contesti di studio reali; - comprensione del funzionamento delle singole tecniche di indagine a diversa scala; - capacità e chiarezza nell'esposizione

**Testi di riferimento:**

Witten, Alan J., Handbook of geophysics and archaeology. London [etc: Equinox, 2006 Leucci et al., Nondestructive Testing for Archaeology and Cultural Heritage - A Practical Guide and New Perspecti. : Springer Nature Switzerland, 2019

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Il materiale di studio si baserà sulle slides del corso e articoli scientifici riguardanti specifiche applicazioni dei metodi trattati a lezione nel campo dei Beni Culturali e dell'Ingegneria Civile.

## 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:**

Colloquio orale

**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

## MANAGEMENT AND ANALYSIS OF PHYSICS DATASETS

**Titolare:** Prof.ssa DONATELLA LUCCHESI

**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 e soprattutto esercizi ed esempi in laboratorio di informatica

**Contenuti:**

Part 1) Distributed computing Distributed Computing systems and the Grid paradigm Computing Models Dask principles Setup of a cluster with Dask Data movement and analysis on dask cluster Machine learning on a dask cluster Part 2) Data Management Data Workflows in scientific computing Storage Models Data management components: -Name Servers and databases -Data Access protocols -Reliability -Availability -Access Control and Security -Cryptography Authentication, Authorization, Accounting Scalability -Cloud storage -Block storage Analytics Data Replication Data Caching Monitoring, Alarms Quota

**Testi di riferimento:**

CONTENUTO NON PRESENTE

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Saranno rese disponibili le slides usate durante le lezioni con referenze a testi e articoli open access

## MATHEMATICAL PHYSICS FOR THE EARTH SYSTEM

**Titolare:** Prof. LAPO BOSCHI

**Periodo:** I anno, 2 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:**

Allègre, Claude, The behavior of the earth: continental and seafloor mobility. : Harvard University Press, 1988 Ewing, Jardetzky and Press, Elastic Waves In Layered Media. : McGraw-Hill, 1957 Love, A treatise on the mathematical theory of elasticity. : Dover, 1892 Attaway, Stormy, MATLAB : a practical introduction to programming and problem solving. Butterworth-Heinemann: , 2013 Allègre, Claude, From Stone to Star: A View of Modern Geology. : Harvard University Press, 1994 Love, A. E. H., A treatise on the mathematical theory of elasticity. : Dover, Love, A. E. H., Some problems of Geodynamics. : Dover,

**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:**

Oral examination with discussion on the student projects and assignments

**Criteri di valutazione:**

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

**Testi di riferimento:**

Quarteroni, Alfio, Numerical models for differential problems. Milano: Springer, 2014

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

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

**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

**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). Sono previste una o due visite ai laboratori del Dipartimento di Geoscienze per familiarizzare con alcune strumentazioni presentate durante le lezioni. Inoltre

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:**

Ellis W.D., Singer J.W., Well Logging for Earth Scientists. : Springer, 2008 Tiab, Djebbar; Donaldson, Erle C., Petrophysics : Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties. Gulf Professional Publishing: , 2011 Serra, O., Fundamentals of Well-log Interpretation, 1. The Acquisition of Logging Data. : Elsevier, 1984 Schon, Jurgen H., Physical properties of rocks fundamentals and principles of petrophysics Juergen H. Schön. Amsterdam: Elsevier, 2015

**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:** I 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 ad accesso aperto sull'arxiv: "A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists" di Pankaj Mehta et al, arXiv: 1803.08823. Questa review fornisce anche utili notebook python per analizzare i dati ed è collegata a strumenti come il pacchetto scikit-learn.

**Contenuti:**

\* Metodi di discesa dei gradienti \* Ridge e LASSO \* Reti neurali e loro versione convoluzionale \* Clustering \* Visualizzazione di dati \* Modelli basati sull'energia \* Macchine di Boltzmann ristrette \* Combinazione di modelli

**Testi di riferimento:**

Pankaj Mehta, Marin Bukov, Ching-Hao Wang, Alexandre G.R. Day, Clint Richardson, Charles K. Fisher,, "A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists". : ,

**SEISMIC RESPONSE OF BUILT STRUCTURES**

**Titolare:** Prof.ssa FRANCESCA DA PORTO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

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

**Prerequisiti:**

Structural Geology and Earthquakes

**Conoscenze e abilità da acquisire:**

Il corso introdurrà studenti di diverso background (geologia, geofisica, ingegneria, fisica, etc...) alle basi dell'ingegneria sismica. Si acquisiranno le conoscenze minime per meglio comprendere l'effetto dei terremoti sulle strutture e quindi, dai concetti di vulnerabilità, risalire alle valutazioni generali di rischio. In particolare, gli studenti acquisiranno conoscenze e metodologie per: - comprendere i tipi di danno causati dai terremoti alle strutture; - valutare il comportamento dinamico di sistemi semplici; - valutare gli effetti di interazione dinamica tra terreno e struttura; - effettuare analisi di rischio sismico, inclusa la valutazione delle perdite; - effettuare indagini dinamiche e monitoraggi su strutture e terreni. Per raggiungere questi scopi, si presenteranno casi studio

reali, e si utilizzeranno strumenti informatici e piattaforme tra le più avanzate nel campo della valutazione e gestione del rischio, svolgendo se possibile visite in sito e mostrando esempi pratici di danni, d'interazione suolo struttura, di indagine, monitoraggio, modellazione delle strutture e di valutazione di vulnerabilità e fragilità.

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

Didattica frontale. Integrazioni con video ed immagini di danni alle strutture dovuti al terremoto per una migliore comprensione del comportamento delle strutture. Al fine di fornire informazioni aggiornate e contribuire efficacemente all'acquisizione delle conoscenze ampie e diversificate che è necessario possedere in tale ambito, il corso si potrà avvalere della collaborazione in forma seminariale di specialisti di diversi settori. Per approfondire le conoscenze acquisite, vi è la possibilità di svolgere attività formative specialistiche nell'ambito di progetti di ricerca e collaborazioni a livello nazionale ed internazionale.

**Contenuti:**

- Principi base sul funzionamento strutturale di edifici in muratura e calcestruzzo armato. Danni alle strutture dovuti ai terremoti. Danni legati ad effetti locali di stabilità e di sito. - Elementi di dinamica delle strutture. Sistemi lineari ad un grado di libertà: sistemi non smorzati e smorzati, oscillazioni libere e forzate. Forzanti impulsive e forzanti random. Sistemi a più gradi di libertà. Spettro di risposta elastico e spettri di progetto. - Effetti di interazione terreno-struttura (SSI). Cenni su amplificazione dovuta a depositi di terreni e liquefazione. Interazione cinematica ed interazione inerziale. Metodi di analisi diretti e semplificati. Casi studio, con particolare riferimento ai recenti terremoti avvenuti in Italia. - Il rischio sismico. Definizione di pericolosità: origine, intensità, classificazione dei terremoti. Definizione di esposizione, costi e perdite. Definizione di vulnerabilità sismica e criteri per la classificazione della vulnerabilità degli edifici esistenti. Le valutazioni di rischio a scala territoriale: metodi empirici, euristici, meccanici. Derivazione di perdite (agibilità e danni agli edifici, feriti, sfollati, vite umane). Strategie di mitigazione del rischio ed analisi costi/benefici. - Cenni ad indagini per l'identificazione dinamica delle strutture e allo Structural Health Monitoring (SHM) per la verifica in tempo reale delle condizioni strutturali, con riferimento a casi studio reali.

**Modalità di esame:**

Assignment da svolgere a casa durante il corso e discussione orale dei vari argomenti del corso.

**Criteri di valutazione:**

Si valuteranno le competenze che lo studente ha acquisito in merito alle informazioni di base sul comportamento di strutture soggette ad azioni sismiche e sui temi inerenti al rischio sismico. Lo studente dovrà dimostrare di avere compreso e di saper affrontare, nella pratica, problemi semplici inerenti i temi del corso, effettuando autonomamente valutazioni di rischio o analisi dinamiche di sistemi semplici.

**Testi di riferimento:**

Tesfamariam, Solomon, Handbook of seismic risk analysis and management of civil infrastructure systems. Oxford: WP, 2013 Filiatrault, Andre, Elements of earthquake engineering and structural dynamics. Montréal: Presses Internationales Polytechnique, 2013 Chopra, Anil K, Dynamics of structures: theory and applications to earthquake engineering. : Pearson Education, 2019 Wyss, Max, Earthquake Hazard, Risk, and Disasters. Bruxelles, Belgique: Elsevier Science; Elsevier Science & Technology; Academic Press, 2014

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

Viene messa a disposizione degli studenti una dispensa completa delle lezioni in formato slide.

**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:**

Love, A. E. H., A treatise on the mathematical theory of elasticity. : Dover, Ataway, Stormy, MATLAB : a practical introduction to programming and problem solving. Butterworth-Heinemann: , 2013 Allègre, Claude, From Stone to Star: A View of Modern Geology. : Harvard University Press, 1994 Allègre, Claude, The behavior of the earth: continental and seafloor mobility. : Harvard University Press, 1988 Ewing, Jardetzky and Press, Elastic Waves in Layered Media. : McGraw-Hill, 1957 Lowrie, Fundamentals of Geophysics. : Cambridge University Press, 1997 Love, A. E. H., Some Problems of Geodynamics. : Dover,

**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 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:**

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

**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

## STRUCTURAL GEOLOGY AND EARTHQUAKES

**Titolare:** Prof. GIULIO DI TORO

**Periodo:** I anno, 2 semestre

**Indirizzo formativo:** Corsi comuni

**Tipologie didattiche:** 24A+24E+16L; 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 Paterson M. & Wong T.F., Experimental Rock Deformation - The Brittle Field, 2nd Edition. Berlin: Springer, 2005 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

**Eventuali indicazioni sui materiali di studio:**

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