

**REGOLAMENTO DIDATTICO
DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
SCIENZE COMPUTAZIONALI
(CLASSE LM-40 MATEMATICA)**

Il presente Regolamento disciplina gli aspetti organizzativi del Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali (classe LM-40) ed è pubblicato sul sito *web* del Dipartimento di Matematica e Fisica.

Anno accademico da cui il Regolamento ha decorrenza: **a.a. 2021/2022**

Data di approvazione del Regolamento: 13 luglio 2021

Struttura didattica responsabile: Dipartimento di Matematica e Fisica

Organo didattico cui è affidata la gestione del corso: Commissione Didattica per i Corsi di Studio in Matematica e in Scienze Computazionali

Indice

Art. 1. Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo	1
Art. 2. Profilo professionale e sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati	3
Art. 3. Conoscenze richieste per l'accesso e requisiti curriculari	5
Art. 4. Modalità di ammissione	5
Art. 5. Abbreviazioni di corso per trasferimento, passaggio, reintegro, riconoscimento di attività formative, conseguimento di un secondo titolo di studio	7
Art. 6. Organizzazione della didattica	8
Art. 7. Articolazione del percorso formativo	11
Art. 8. Piano di studio	15
Art. 9. Mobilità internazionale	22
Art. 10. Caratteristiche della prova finale	23
Art. 11. Modalità di svolgimento della prova finale	23
Art. 12. Valutazione della qualità delle attività formative	26
Art. 13. Servizi didattici propedeutici o integrativi.....	27
Art. 14. Altre fonti normative	27
Art. 15. Validità	27
Allegato 1.....	27
Allegato 2.....	27

Art. 1. Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo

L'obiettivo specifico del corso di laurea magistrale in Scienze Computazionali è la formazione di una figura professionale che abbia le competenze tipiche della matematica applicata che,

coniugate con le competenze avanzate nel campo dell'informatica, gli/le permettano di affrontare quei problemi scientifico-tecnologici che in diversi ambiti applicativi richiedono la soluzione computazionale, una volta che il fenomeno sotto osservazione sia stato modellizzato matematicamente.

I/Le laureati/e in Scienze Computazionali dovranno avere conoscenze matematiche e informatiche specialistiche, focalizzate su vari aspetti del calcolo scientifico. I/Le laureati/e svilupperanno la capacità di formalizzare e costruire modelli matematici per affrontare problemi applicativi in diversi ambiti scientifici, tecnologici e professionali. Inoltre, acquisiranno le competenze per sviluppare e utilizzare applicazioni informatiche, linguaggi di programmazione, e sistemi per il calcolo ad alte prestazioni.

Il Corso di Studio è articolato in vari percorsi che comprendono attività finalizzate a far acquisire le conoscenze fondamentali nei vari settori della matematica e dell'informatica applicate al calcolo scientifico. I percorsi prevedono una quota significativa di attività formative volte allo sviluppo della capacità di utilizzare quanto appreso per affrontare e risolvere problemi concreti di astrazione; possono prevedere, in relazione a obiettivi specifici, varie attività esterne, come tirocini formativi presso aziende, strutture della pubblica amministrazione e laboratori, oltre a soggiorni presso altre università italiane ed europee, anche nel quadro di accordi internazionali.

In particolare, i/le laureati/e sapranno elaborare o applicare competenze sia per ideare argomentazioni che per risolvere problemi applicativi. Essi saranno capaci di estrarre informazioni qualitative da dati quantitativi; comprendere, utilizzare e progettare metodi teorici e/o computazionali adeguati; utilizzare in maniera efficace strumenti informatici.

Lo strumento didattico per il raggiungimento di tali obiettivi sono le lezioni, le esercitazioni, i seminari e le attività di laboratorio e il tutorato. La verifica avviene in forma classica attraverso la valutazione di un elaborato scritto e/o un colloquio orale.

Descrizione del percorso formativo.

Il percorso di studio è basato su quattro semestri e richiede il superamento di almeno 10 prove di esame. Tutti i piani di studio prevedono, in conformità con l'Ordinamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale, attività formative indispensabili, con un numero congruo di Crediti Formativi Universitari (CFU) riferiti alle attività affini. Dei crediti assegnati alle attività caratterizzanti, una frazione significativa è destinata ai settori nell'ambito della formazione modellistico-applicativa. Le attività affini includono almeno un insegnamento nel settore INF/01, per meglio caratterizzare il percorso formativo coerentemente con gli obiettivi sopra indicati. Ogni piano di studio deve inoltre comprendere un insegnamento nel settore MAT/01.

Tutti i percorsi prevedono inoltre: un numero minimo di crediti a scelta, di cui almeno una parte conseguiti tramite un insegnamento; un eventuale tirocinio formativo e/o di orientamento,

interno o esterno, da svolgere previa autorizzazione della Commissione Didattica; un numero minimo di crediti per il conseguimento di competenze linguistiche (per acquisire almeno il livello B2 in una lingua dell'Unione Europea che non sia l'italiano); eventuali competenze informatiche; un numero congruo di crediti per la tesi di laurea. In particolare, le attività formative indispensabili includono le scelte autonome degli/delle studenti/esse, in uno spettro molto ampio di attività fra quelle presenti all'interno dell'Ateneo e fuori di esso. Inoltre, le attività formative proposte dovranno fornire, oltre che una solida base teorica, attività di laboratorio computazionale e informatico, dedicate alla modellazione matematica, allo sviluppo di applicazioni informatiche, ai linguaggi di programmazione e al calcolo scientifico. Gli/Le studenti/esse avranno la possibilità di acquisire un numero rilevante di crediti formativi tramite un tirocinio High Performance Computing (HPC) presso la SISSA che mette a disposizione i laboratori e i servizi di calcolo usati nell'ambito del Master HPC.

Il Corso di Laurea in Scienze Computazionali si distingue dal vigente Corso di Laurea in Matematica, già attivo presso l'Università Roma Tre, per almeno 30 crediti, in conformità con la legge vigente.

Art. 2. Profilo professionale e sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati

Matematico esperto in applicazioni industriali; matematico esperto in matematica applicata; esperto per calcolo ad alte prestazioni; consulente per le applicazioni informatiche industriali; progettista sistemi elaborazioni immagini

Funzione in un contesto di lavoro: I/Le laureati/e sapranno utilizzare le tecniche computazionali in un ampio spettro di aree applicative, dalla ricerca di base, alla ricerca avanzata condotta nelle aziende all'avanguardia nei settori scientifico-tecnologici, alla gestione di sistemi informatici di grandi dimensioni presso aziende private o nella pubblica amministrazione. Data la forte caratterizzazione multidisciplinare, questo tipo di laureato/a sarà in grado di collaborare con altre figure professionali, in particolare, oltre che con matematici e fisici, anche con ingegneri, informatici, e statistici; sarà inoltre in grado di rivestire ruoli di coordinamento di attività di ricerca che richiedano competenze computazionali.

I compiti principali del/della laureato/a saranno:

- modellazione e simulazione di problemi fisico-matematici di interesse per le applicazioni industriali (termo-meccanica dei solidi; fluidodinamica, trasporto, ottimizzazione);
- progettazione di componenti complessi per l'industria;
- gestione di sistemi informatici (hardware & software) per il calcolo scientifico, per le analisi statistiche e per elaborazione dati (big data);
- sviluppo di protocolli per la sicurezza informatica;
- sviluppo e gestione di architetture per il calcolo parallelo ad alte prestazioni;
- gestione e sviluppo delle tecniche di visualizzazione scientifica.

Competenze associate alla funzione: L'obiettivo del nuovo Corso di Laurea in Scienze Computazionali è fornire gli strumenti teorici e le competenze necessarie a intraprendere un'attività di ricerca e sviluppo di alto livello nel settore del calcolo scientifico, sia in ambito pubblico che nel settore privato, sia in ambito nazionale che internazionale.

Segnaliamo due tipi di competenze relative ai percorsi formativi proposti:

1. aspetti informatici del calcolo scientifico: linguaggi di programmazione; teoria dell'informazione; algoritmi per la crittografia e la sicurezza informatica; progettazione grafica web; metodi computazionali per la biologia; calcolo parallelo e distribuito; tecniche di sicurezza dei dati e delle reti;
2. aspetti modellistico-numeriche del calcolo scientifico: analisi numerica; modelli della fisica matematica; probabilità e statistica; data science; matematica applicata e industriale; metodi Montecarlo e dinamica molecolare; acquisizione dati e controllo di esperimenti.

Sbocchi occupazionali: Gli sbocchi professionali dei/delle laureati/e sono i seguenti: aziende o enti pubblici di gestione di servizi complessi; aziende manifatturiere che producono ed integrano sistemi complessi; società dedite ad attività di consulenza, ricerca e sviluppo; università, istituti e laboratori di ricerca nel campo dell'informatica, della matematica applicata, della fisica applicata, della bioingegneria; aziende che sviluppano software dedicato alla modellazione ed alla simulazione; aziende impegnate nei settori delle bio e nano-tecnologie, dei materiali innovativi e dello aero-spazio, che sono tra i più importanti distretti produttivi della Regione Lazio. Tra i settori più indicati, segnaliamo:

1. società di produzione di beni industriali per i quali siano necessarie ricerche approfondite, basate sull'uso di procedure di calcolo scientifico avanzate;
2. società di servizi, banche, assicurazioni, finanziarie, per l'interpretazione statistica e la simulazione di scenari relativi al trattamento di dati;
3. agenzie ambientali ed industrie biomediche;
4. società di progettazione e/o gestione di complesse strutture di ingegneria civile e/o meccanica per le quali occorrono competenze sia modellistiche, che di simulazioni numeriche, che di calcolo scientifico avanzato;
5. società di ingegneria specializzate nella realizzazione di codici di calcolo finalizzato al trattamento di complessi problemi computazionali;
6. enti e laboratori di ricerca pubblici e privati.

Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT):

- Matematici - (2.1.1.3.1)
- Analisti e progettisti di software - (2.1.1.4.1)
- Analisti e progettisti di applicazioni web - (2.1.1.4.3)
- Amministratori di sistemi - (2.1.1.5.3)

- Specialisti in sicurezza informatica - (2.1.1.5.4)
- Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze matematiche e dell'informazione - (2.6.2.1.1)

Art. 3. Conoscenze richieste per l'accesso e requisiti curriculari

Sono ammessi/e al corso di laurea magistrale in Scienze Computazionali studenti/esse in possesso di laurea triennale, ovvero di altro titolo di studio conseguito all'estero e ritenuto idoneo, previa verifica caso per caso da parte della Commissione Didattica di Matematica del possesso da parte dell'immatricolando/a dei requisiti curriculari specificati in dettaglio nell'articolo 4. Si richiede inoltre un'adeguata conoscenza della lingua inglese, sia in forma scritta che orale, per la comunicazione in ambito scientifico.

In ogni caso per accedere alla laurea magistrale è necessario che i/le laureati/e siano in possesso dei seguenti requisiti curriculari:

- 18 crediti nei settori di formazione matematica di base (MAT/02, MAT/03, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08);
- 6 crediti nei settori di formazione informatica di base (INF/01, ING-INF/05);
- ulteriori 6 crediti nei settori MAT/01-09, FIS/01-08, INF/01, ING-INF/01-05, SECS-S/01-06;
- conoscenze di base della lingua inglese o di altra lingua straniera (livello almeno B1).

Modalità di verifica del possesso di tali conoscenze:

Verrà esaminato il Curriculum Studiorum del/della candidato/a; inoltre, saranno previsti colloqui integrativi per coloro che - in possesso dei requisiti curriculari - abbiano delle carenze nella preparazione personale.

Art. 4. Modalità di ammissione

Il corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali è ad accesso libero e prevede una verifica della personale preparazione.

L'accesso al Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali è direttamente consentito ai/alle laureati/e dei Corsi di Laurea Triennale in Matematica e in Fisica. Per tutti gli/le altri/e laureati/e l'adeguata preparazione viene verificata da un'apposita commissione, che può concedere il nulla osta all'iscrizione oppure richiedere un colloquio diretto ad accertare il possesso delle conoscenze richieste per affrontare studi avanzati in Scienze Computazionali. Coloro che non sono in possesso delle conoscenze richieste per l'accesso sotto elencate possono acquisire specifici requisiti curriculari attraverso la frequenza di uno o più insegnamenti singoli e il superamento dei relativi esami prima di poter perfezionare l'immatricolazione.

Ai sensi dell'articolo 6 comma 2 del D.M. 270/2004, l'accesso al Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali è consentito anche ad anno accademico iniziato, purché in tempo utile per la partecipazione ai corsi e nel rispetto delle norme stabilite nel Regolamento Didattico d'Ateneo.

Gli/Le iscritti/e al terzo anno del Corso di Laurea in Triennale Matematica dell'Ateneo sono ammessi/e a frequentare anche le attività formative del Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali e possono sostenere le relative prove di valutazione immediatamente dopo aver conseguito il titolo triennale ed aver formalizzato l'iscrizione al Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali.

Gli/Le studenti/esse con titolo di Laurea o di Laurea Magistrale in discipline differenti dalla Matematica e dalla Fisica (presso l'Ateneo di Roma Tre o in altro Ateneo) che intendano immatricolarsi al Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali devono accludere alla domanda i dettagli della laurea conseguita con l'elenco delle attività formative e dei rispettivi voti e CFU conseguiti, e copia dei programmi dettagliati degli esami sostenuti. L'adeguata preparazione dei/delle laureati/e viene verificata da un'apposita commissione, sulla base del curriculum presentato. L'esito della verifica consiste in una delle seguenti possibilità:

- rilascio del nulla osta all'iscrizione
- colloquio diretto ad accertare il possesso delle conoscenze richieste per affrontare studi avanzati in Scienze Computazionali.

In seguito al colloquio si può essere ammessi:

- incondizionatamente;
- sotto condizione
 - di acquisire specifici requisiti curriculari attraverso il sostenimento di uno o più corsi singoli prima di poter perfezionare l'immatricolazione;
 - di concordare con la Commissione Didattica del Corso di Studio un percorso formativo individuale oppure all'interno di uno specifico curriculum.

Le conoscenze richieste per affrontare il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali sono:

- **Algebra:** Gruppi; campi.
- **Analisi matematica:** Funzioni con più variabili; derivate; differenziale; massimi e minimi locali. Integrazione di funzioni continue su rettangoli. Derivazione sotto segno di integrale. Soluzioni esplicite di alcune classi di equazioni differenziali. Calcolo vettoriale: Derivate. Differenziale di funzioni vettoriali. Curve e superfici parametriche in \mathbb{R}^3 . I teoremi di Gauss, Green e Stokes (enunciati).
- **Geometria:** Spazi vettoriali. Matrici e sistemi di equazioni lineari. Il teorema di Rouché-Capelli. Spazi affini. Rappresentazione di sottospazi. Applicazioni lineari. Auto-valori e auto-vettori di operatori lineari. Diagonalizzazione. Forme bilineari simmetriche. Ortogonalità. Prodotti scalari. Operatori auto-aggiunti ed ortogonali su spazi vettoriali euclidei. Spazi euclidei. Distanze e angoli. Affinità ed isometrie.

- **Equazioni Differenziali e Meccanica:** Equazioni differenziali lineari. Principi della dinamica e leggi di Newton. Forze conservative. Sistemi meccanici unidimensionali. Sistemi meccanici conservativi a più gradi di libertà.
- **Informatica:** Metodi e principi per il disegno e l'implementazione di strutture dati. Disegno di algoritmi e implementazione in un linguaggio di programmazione. Analisi della complessità di un algoritmo nella valutazione delle prestazioni.
- **Elementi di probabilità discreta:** variabili casuali semplici, probabilità condizionata e regola di Bayes, valore atteso e varianza, leggi dei grandi numeri.

In ogni caso è richiesta una conoscenza di base della lingua inglese di livello almeno B1.

La Commissione Didattica – in casi eccezionali sulla base del parere di un'apposita commissione nominata ad hoc – può deliberare l'iscrizione al secondo anno della Laurea Magistrale.

Il bando rettorale di ammissione al corso di studio contiene:

- il numero dei posti riservati a cittadini/e extracomunitari/rie residenti all'estero e cinesi partecipanti al Programma Marco Polo;
- le disposizioni relative all'ammissione al corso di laurea magistrale, con riferimento in particolare alle procedure di iscrizione e alle scadenze;
- i criteri di valutazione e le modalità di pubblicazione dei relativi esiti.

Art. 5. Abbreviazioni di corso per trasferimento, passaggio, reintegro, riconoscimento di attività formative, conseguimento di un secondo titolo di studio

La domanda di passaggio da altro corso di studio di Roma Tre, trasferimento da altro ateneo, reintegro a seguito di decadenza o rinuncia, abbreviazione di corso per riconoscimento esami e carriere pregresse deve essere presentata secondo le modalità e le tempistiche definite nel bando rettorale di ammissione al corso di studio.

Le domande sono valutate da una sotto-commissione appositamente incaricata dalla Commissione Didattica. La sottocommissione, in conformità con quanto disciplinato dal Regolamento Didattico e dal Regolamento Carriera di Ateneo, valuta la corrispondenza tra crediti formativi universitari previsti dall'ordinamento del corso di laurea magistrale e quelli già acquisiti od acquisibili presso altre istituzioni universitarie. Dopo un attento esame dei programmi degli esami sostenuti e presentati nella domanda, ai fini anche di valutare la non obsolescenza dei contenuti formativi e l'eventuale ammissione ad anni successivi al primo, la sottocommissione incaricata presenta una proposta di delibera alla Commissione Didattica, tenendo conto del curriculum complessivo dello/della studente/essa e del percorso di studio specifico che lo/la studente/essa intenda intraprendere nella laurea magistrale.

Sulla base della valutazione della sottocommissione incaricata, lo/a studente/essa potrebbe essere indirizzato/a a sostenere un colloquio in alcune materie con lo scopo di accertare un sufficiente livello di conoscenze richieste ad affrontare in modo proficuo il percorso di laurea.

In seguito del colloquio si può essere ammessi:

- incondizionatamente;
- sotto condizione
 - di acquisire specifici requisiti curriculari attraverso il sostenimento di uno o più corsi singoli prima di poter perfezionare l'immatricolazione;
 - di concordare con la Commissione Didattica del Corso di Studio un percorso formativo individuale, in base alla propria preparazione iniziale e ai propri interessi individuali.

In ogni caso, a coloro che provengono da corsi di laurea della classe LM-40 Matematica, sarà riconosciuto almeno il 50% dei crediti già maturati relativi al medesimo settore scientifico-disciplinare. Nel caso in cui il corso di provenienza sia svolto con modalità a distanza, la quota minima del 50% è riconosciuta soltanto se il corso di provenienza risulta accreditato ai sensi degli appositi regolamenti ministeriali.

La Commissione Didattica cercherà di assicurare il riconoscimento del maggior numero possibile di crediti già maturati, anche ricorrendo eventualmente a colloqui integrativi di verifica delle conoscenze effettivamente possedute. Una parte dei crediti riconosciuti per trasferimento potranno essere inseriti dalla Commissione Didattica fra quelli relativi alle attività a libera scelta dello/della studente/essa o fra le altre attività formative.

Art. 6. Organizzazione della didattica

Per il conseguimento del titolo di laurea magistrale in Scienze Computazionali, occorre acquisire un totale di 120 Crediti Formativi Universitari (CFU). Tali crediti vengono ripartiti tra le varie attività formative, aree e settori scientifico-disciplinari.

Il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali prevede il sostenimento di:

- 11 esami di profitto (oppure 10 esami di profitto e prova QLM da 6 CFU) per un totale di 81 CFU
- idoneità nelle seguenti attività formative:
 - UCL - Ulteriori Conoscenze Linguistiche, inerente ad una conoscenza della lingua inglese di livello almeno B2 (3 CFU)
 - AIC - Abilità Informatiche e Computazionali (3 CFU)
 - TFO - Tirocini formativi e di orientamento (7 CFU)
 - MdL - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel Mondo del Lavoro (3 CFU)
- una prova finale (23 CFU).

Il Corso di laurea magistrale in Scienze Computazionali prevede le seguenti tipologie di attività formative:

- lezioni frontali in aula;
- esercitazioni in aula;
- esercitazioni in laboratorio;
- esercitazioni in laboratorio con attività di elaborazione dati;
- corsi di lettura;
- seminari;
- tirocini;
- stage formativi.

La Commissione Didattica può individuare forme di apprendimento da svolgersi in modalità a distanza in luogo:

- delle attività formative previste in presenza nell'ambito dei singoli insegnamenti;
- e delle attività di cui all'art. 10, comma 5, lettere d) ed e) del DM n. 270/2004.

Ad ogni attività formativa corrisponde un numero di Crediti Formativi Universitari (CFU). La quantità media di lavoro di apprendimento svolto in un anno da studenti/esse, impegnati/e a tempo pieno negli studi universitari e in possesso di adeguata preparazione iniziale, è convenzionalmente fissata in 60 CFU. Il conseguimento di 60 CFU al termine del I anno di corso corrisponde al superamento di 4 esami relativi a insegnamenti da 9 CFU e di 4 esami relativi a insegnamenti da 6 CFU. Almeno il 60% dell'impegno orario complessivo viene riservato allo studio personale o ad altre attività formative di tipo individuale. La coerenza tra crediti assegnati alle varie attività formative ed ai relativi insegnamenti e gli specifici obiettivi formativi programmati viene deliberata dal Consiglio di Dipartimento, previo lavoro istruttorio della Commissione Didattica.

Ogni credito corrisponde a 8-10 ore complessive di attività didattica per ciascun credito, a seconda del tipo di insegnamento. Il valore in crediti associato a ogni attività didattica (lezioni, esercitazioni, esercitazioni di laboratorio, lavoro sperimentale e pratico, seminari, tirocini, elaborati, prove idoneative, attività di studio guidata e individuale, altre attività di formazione) viene riportato nel presente Regolamento (cfr. Allegati 1 e 2). Di norma, 1 CFU corrisponde a un numero di ore di attività didattica frontale che è 8 ore per le lezioni e le esercitazioni (didattica integrativa) degli insegnamenti da 9 CFU e 10 ore per le lezioni e le esercitazioni (didattica integrativa) degli insegnamenti da 6 CFU; infatti, per gli insegnamenti da 9 CFU, in considerazione del loro carattere fondamentale, una frazione maggiore delle 25 ore associate a ogni credito è destinato al lavoro autonomo dello/della studente/essa.

L'assegnazione dei crediti relativi a ciascuna attività formativa avviene a seguito del superamento di una prova di valutazione del profitto (esame). Tutte le prove di valutazione del profitto delle attività formative comportano un voto, tranne quelle finalizzate alle conoscenze linguistiche, di cui

all'art.10, comma 5c del D.M. 270/2004, e quelle relative all'art.10, comma 5d del D.M. 270/2004, ovvero tirocini formativi e di orientamento, ulteriori abilità informatiche, telematiche ed altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, ulteriori conoscenze linguistiche, per le quali è invece previsto un giudizio di idoneità.

Le prove di valutazione del profitto si svolgono nei periodi di intervallo tra i semestri in cui vengono svolte le attività di insegnamento. I calendari delle prove di valutazione del profitto (esami) sono resi noti con un congruo anticipo rispetto all'inizio degli appelli, secondo le modalità previste dal Regolamento Didattico di Ateneo. Di norma, per ogni anno accademico, gli appelli sono distribuiti in tre sessioni: una prima sessione (giugno-luglio), una seconda sessione (settembre) e una terza sessione (gennaio-febbraio). Per ciascuna attività formativa sono previsti annualmente quattro appelli distribuiti in tre sessioni di esame. Sono inoltre previsti due ulteriori appelli straordinari, denotati appelli laureandi/e, uno a novembre/dicembre e uno a gennaio/febbraio, riservati a coloro che non si siano iscritti/e all'anno accademico in corso e che debbano ancora sostenere non più di due esami inseriti nel proprio piano di studio; tali studenti/esse devono presentare esplicitamente una domanda di attivazione dell'appello e di ammissione allo stesso, secondo modalità che sono stabilite e pubblicizzate dalla Commissione Didattica.

Di norma, la valutazione del profitto avviene attraverso un esame finale che si articola in due parti, una scritta e una orale. Per alcuni insegnamenti possono essere previste altre forme di valutazione del profitto (ad esempio, prove di laboratorio, seminari, prove parziali in itinere, esercizi scritti in itinere, etc.), secondo modalità che sono fissate dal/dalla docente in accordo con la struttura didattica e, qualora non siano già descritte nella scheda online dell'insegnamento e negli allegati al presente Regolamento, sono comunque pubblicizzate dal/dalla docente nella pagina web dell'insegnamento e comunicate all'inizio delle lezioni. Nel caso di prove parziali in itinere, nell'esame finale potrà essere formalizzata la valutazione del profitto avvenuta attraverso tali prove.

I requisiti di ammissione agli esami di profitto sono disciplinati dal Regolamento Carriera.

Il Regolamento Didattico d'Ateneo contiene le modalità di svolgimento e di verbalizzazione dell'esame e la normativa riguardante la composizione delle commissioni per gli esami di profitto. Le commissioni per gli esami di profitto sono nominate, su delega del Consiglio di Dipartimento, dalla Commissione Didattica. Le commissioni di esame esprimono il voto in trentesimi, a parte gli insegnamenti per i quali il regolamento del corso di studio prevede la sola idoneità. La Commissione può attribuire la lode solo all'unanimità.

La nomina a cultore della materia, quale eventuale membro della commissione d'esame di profitto, è deliberata dalla Commissione Didattica su proposta del/della docente ufficialmente responsabile dell'insegnamento, ha validità per un triennio, salvo revoca motivatamente deliberata, e può essere rinnovata. La nomina a cultore della materia permette la partecipazione alla commissione per l'esame di profitto e viene conferita a fronte di una comprovata ed elevata esperienza scientifica e/o professionale nella materia in oggetto, esperienza valutata dalla

Commissione Didattica sulla base di criteri quali il possesso del titolo di dottorato di ricerca, pubblicazioni scientifiche nel campo, attività didattica, adeguata esperienza professionale e sulla base di quanto disposto dal Regolamento Didattico d'Ateneo (Allegato D).

Le modalità organizzative per studenti/esse con disabilità, caregiver, part-time, lavoratori/trici, persone sottoposte a misure restrittive della libertà personale e altre specifiche categorie sono disciplinate dal Regolamento Carriera, relativo alla tutela per specifiche categorie di studenti/esse.

Art. 7. Articolazione del percorso formativo

Tutti i percorsi formativi del Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali richiedono il conseguimento di 120 CFU nell'arco di due anni. Il conseguimento dei crediti richiesti per la Laurea Magistrale può essere realizzato anche mediante la convalida d'esami sostenuti nell'ambito del corso di Laurea Triennale, eccedenti i 180 CFU, sulla base del parere di un'apposita commissione designata dalla Commissione Didattica. La Commissione Didattica – in casi eccezionali e sulla base del parere acquisito da un'apposita commissione – può deliberare l'iscrizione degli/delle studenti/esse che ne abbiano i requisiti, al secondo anno del Corso di Laurea Magistrale.

Sono previsti tre curricula:

- Gestione e protezione dei dati
- Analisi dei dati e statistica
- Modellistica fisica e simulazioni numeriche

I tre curricula si differenziano per i crediti acquisibili con le attività caratterizzanti e per l'obbligo di sostenere alcuni esami in determinati SSD, come illustrato nelle seguenti tabelle "Ripartizione delle Attività Formative per i Curricula" e "Vincoli sui SSD per i Curricula".

Il curriculum "Gestione e protezione dei dati" fornisce una formazione matematica orientata alla gestione e protezione dei dati; nell'ambito di questo curriculum è consigliato un percorso specifico, denominato CRITTOGRAFIA E SICUREZZA DELL'INFORMAZIONE.

Il curriculum "Analisi dei dati e statistica" fornisce una formazione matematica orientata all'analisi dei dati tramite metodi computazionali e statistici; nell'ambito di questo curriculum è consigliato un percorso specifico, DATA SCIENCE & STATISTICA.

Il curriculum "Modellistica fisica e simulazioni numeriche" è dedicato agli/alle studenti/esse interessati/e allo studio dei modelli matematici tipici della fisica e della matematica applicata e industriale, e agli aspetti modellistico-numerici del calcolo scientifico; nell'ambito di questo curriculum è consigliato un percorso specifico, denominato MODELLI E SIMULAZIONI.

Ripartizione delle Attività Formative per i Curricula		
Attività formative	Curricula "Gestione e	Curriculum "Modellistica

	protezione dei dati” e “Analisi dei dati e statistica”	fisica e simulazioni numeriche”
TAF b1 Caratterizzanti Teorico-avanzate MAT/01-03 e MAT/05	almeno 24 CFU così ripartiti: 1 esame da 9 CFU 1 esame da 9 CFU 1 esame da 6 CFU	almeno 15 CFU così ripartiti: 1 esame da 9 CFU 1 esame da 6 CFU
TAF b2 Caratterizzanti Modellistico-applicative MAT/06-09	almeno 15 CFU così ripartiti: 1 esame da 9 CFU 1 esame da 6 CFU	almeno 24 CFU così ripartiti: 1 esame da 9 CFU 1 esame da 9 CFU 1 esame da 6 CFU
TAF c Affini MAT/04 e MAT/06-09 INF/01, ING-INF/03-05 FIS/01-08, SECS-S/01, SECS-S/03, SECS-S/06	almeno 30 CFU così ripartiti: 1 esame da 9 CFU 1 esame da 9 CFU 1 esame da 6 CFU 1 esame da 6 CFU	almeno 30 CFU così ripartiti: 1 esame da 9 CFU 1 esame da 9 CFU 1 esame da 6 CFU 1 esame da 6 CFU
TAF d A scelta dello/a studente/essa	almeno 12 CFU così ripartiti: 1 esame a scelta da almeno 6 CFU + QLM da 6 CFU Oppure 2 esami a scelta da almeno 6 CFU ciascuno	
Prova Finale	esame di laurea da 23 CFU	
Ulteriori attività formative	16 CFU così ripartiti: Ulteriori Conoscenze Linguistiche (UCL) da 3 CFU Abilità Informatiche e Computazionali (AIC) da 3 CFU Tirocinio Formativo e di Orientamento (TFO) da 7 CFU Altre conoscenze utili per l'inserimento nel Mondo del Lavoro (MdL) da 3 CFU	

Nota: sono possibili alcune deroghe alle indicazioni della precedente tabella; vedi Art.8.

Vincoli sui SSD per i Curricula
Curriculum “Gestione e protezione dei dati”
almeno 5 esami da almeno 6 CFU così ripartiti: 1 esame SSD MAT/01 in TAF b1 1 esame SSD MAT/06 in TAF b2 1 esame SSD MAT/09 in TAF b2 2 esami SSD INF/01 in TAF c

Curriculum “Analisi dei dati e statistica”
<p>Almeno 5 esami da almeno 6 CFU così ripartiti:</p> <p>1 esame SSD MAT/01 in TAF b1 1 esame SSD MAT/06 in TAF b2 1 esame SSD MAT/08 in TAF b2 2 esami SSD INF/01 in TAF c</p>
Curriculum “Modellistica fisica e simulazioni numeriche”
<p>almeno 5 esami da almeno 6 CFU così ripartiti:</p> <p>1 esame SSD MAT/01 in TAF b1 1 esame SSD MAT/06 in TAF b2 1 esame SSD MAT/07 in TAF b2 1 esame SSD MAT/08 in TAF b2 1 esame SSD INF/01 in TAF c</p>

L’elenco degli insegnamenti e delle altre attività formative previste nei curricula è riportato negli allegati 1 e 2 del presente regolamento, a cui si rimanda per una descrizione esaustiva dell’offerta didattica, inclusi gli obiettivi formativi, il numero di crediti e la tipologia. Gli allegati 1 e 2 del presente Regolamento corrispondono rispettivamente alla “Offerta didattica programmata” e alla “Offerta didattica erogata”.

L’acquisizione di ulteriori conoscenze linguistiche si riferisce alla conoscenza (livello almeno B2) della lingua inglese. Il Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali si avvale del supporto del Centro Linguistico di Ateneo (CLA), il quale pianifica corsi di supporto al superamento di una prova di idoneità. Le competenze linguistiche vengono certificate dal superamento di una prova di idoneità, UCL – Ulteriori Conoscenze Linguistiche, che comporta 3 CFU e può essere sostenuta in uno dei modi seguenti:

- successivamente all’iscrizione al Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali, si può sostenere un test valutativo; in caso di esito negativo c’è la possibilità di frequentare un corso al termine del quale si sosterrà un esame per il conseguimento dei relativi crediti;
- previo accordo con il/la relatore/trice della tesi di Laurea Magistrale, la redazione della tesi di laurea può avvenire in lingua inglese, secondo le modalità previste per la prova finale; in tal caso la prova è sostenuta contestualmente alla prima fase della prova finale.

I crediti relativi alla conoscenza della lingua inglese possono inoltre essere riconosciuti dalla Commissione Didattica anche sulla base di certificazioni rilasciate da strutture interne od esterne all’Ateneo, definite specificatamente competenti dall’Ateneo, e che attestino un livello adeguato di conoscenza linguistica, superiore od uguale a quello richiesto per il superamento dell’idoneità presso il Centro Linguistico di Ateneo.

Le conoscenze informatiche e computazionali vengono certificate dal superamento di una prova di idoneità, AIC – Abilità informatiche e computazionali (3 CFU), sono acquisite sotto la guida di un/una docente tutore/trice e possono corrispondere a quelle maturate per il lavoro di tesi o durante un tirocinio.

L’Ordinamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale prevede la possibilità di riconoscere un massimo di 7 CFU per tirocini formativi e di orientamento presso imprese, enti pubblici o privati, anche esteri, e ordini professionali. Il Corso di Laurea Magistrale offre un tirocinio formativo da 7 CFU, che è effettuato sotto la guida di un/una docente (“docente tutore/trice”) e può essere svolto sia all’esterno che all’interno, presso una struttura del Dipartimento o più in generale dell’Ateneo. Si distinguono due tipologie di tirocinio:

- esterno (presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali)
- interno.

Il tirocinio interno concerne generalmente il lavoro di preparazione alla tesi di laurea e può consistere nella frequenza di un ciclo di seminari, in un lavoro di approfondimento teorico, in un lavoro sperimentale applicativo. Il tirocinio interno è compatibile con la scelta della QLM, purché le attività formative oggetto del tirocinio e della QLM siano distinte.

Per lo svolgimento di tali attività si è tenuti a presentare preventivamente alla Commissione Didattica una domanda di autorizzazione con la relativa documentazione e, nel caso di tirocinio esterno all’Ateneo, anche all’Ufficio Stage e Tirocini dell’ateneo. Tale domanda dovrà necessariamente prevedere l’indicazione della struttura ospitante (ente esterno o struttura interna), il nominativo del/della referente della struttura responsabile dell’attività, il periodo di svolgimento, una descrizione dei contenuti e degli obiettivi. L’autorizzazione da parte della Commissione Didattica è subordinata a una valutazione di coerenza formativa e culturale. Al termine si è tenuti a relazionare sulle attività svolte al/alla docente tutore/trice. Il riconoscimento dei crediti sarà effettuato in base al parere del/della docente tutore/trice sulla congruità delle attività svolte.

Le altre conoscenze utili per l’inserimento nel mondo del lavoro vengono certificate dal superamento di una prova di idoneità, MdL – Conoscenze per l’inserimento nel mondo del lavoro (3CFU), e sono acquisite sotto la guida di un/una docente tutore/trice. Tale prova può essere sostenuta contestualmente al termine del TFO.

Possono essere riconosciute abilità professionali e conoscenze certificate individualmente ai sensi della normativa vigente in materia, nonché altre conoscenze ed abilità maturate in attività formative di livello post-secondario alla cui progettazione o realizzazione abbia concorso l’Università. Tali conoscenze e abilità professionali - di norma - devono essere di tipo computazionale, informatico o pedagogico ovvero relative a conoscenze linguistiche. I crediti di tale tipo eventualmente riconosciuti, entro il massimale di 9 CFU (3UCL + 3AIC + 3MdL) fatto salvo quanto stabilito nell’Ordinamento Didattico, andranno inseriti fra le ulteriori attività formative.

Art. 8. Piano di studio

Il piano di studio è l'insieme delle attività didattiche che è necessario sostenere per raggiungere il numero di crediti previsti per il conseguimento del titolo finale. La mancata presentazione e approvazione del piano di studio comportano l'impossibilità di prenotarsi agli esami, ad esclusione delle attività didattiche obbligatorie.

La presentazione del piano di studio, o la sua eventuale modifica, deve essere effettuata on-line sul [Portale dello studente](#) (oppure in caso di problemi è possibile consegnare in Segreteria Didattica l'apposito [modulo](#)) nei periodi 15/10-31/10 e 15/3-15/4 e sarà approvata da un'apposita commissione. In caso di mancata approvazione del piano di studi si verrà contattati per la ridefinizione dello stesso. Eventuali modifiche del piano di studio approvato possono essere richieste nel periodo tra il 15/3- 15/4 dello stesso anno oppure nei periodi tra il 15/10-31/10 o 15/3-15/4 degli anni successivi.

Ogni Piano di studi (PdS) deve:

1. essere sottoposto all'approvazione dalla Commissione Didattica e risultare coerente con il percorso formativo intrapreso;
2. essere conforme alle indicazioni contenute nell'Art. 7, Articolazione del percorso formativo, e in particolare alle due tabelle "Ripartizione delle Attività Formative per i Curricula" e "Vincoli sui SSD per i Curricula";
3. rispettare i vincoli previsti dai D.M. 270/2004 e D.M. 544/2007 e in particolare le disposizioni che riguardano il numero minimo di crediti per ciascuna attività formativa e per ciascun ambito disciplinare presenti nell'Ordinamento Didattico del Corso di Studio. Un PdS compilato seguendo le indicazioni contenute nell'Art. 7 e/o gli esempi di seguito proposti rispetta questi vincoli.

Inoltre, ogni PdS deve soddisfare le seguenti regole:

1. l'insegnamento IN410 è obbligatorio, a meno che il relativo esame non sia già stato superato durante il corso di laurea triennale, nel qual caso lo/la studente/essa deve inserire nel PdS un insegnamento del SSD MAT/01;
2. un PdS inquadrato nel curriculum "Modellistica fisica e simulazioni numeriche" deve contenere almeno uno tra i tre insegnamenti FM310, FM510 e MS410, a meno che il relativo esame non sia già stato sostenuto durante il corso di laurea triennale.

Deroghe alla tabella "Ripartizione delle Attività Formative per i Curricula"

Nel caso in cui gli esami relativi agli insegnamenti obbligatori siano stati sostenuti e superati durante il Corso di Laurea Triennale in Matematica dello stesso Ateneo, lo/la studente/essa ha la facoltà di sostituirli con altri insegnamenti a sua scelta, purché coerenti con il percorso formativo scelto. In particolare, due insegnamenti da 9 CFU possono essere sostituiti da 3 insegnamenti da 6 CFU, eventualmente concordati con la Commissione Didattica. Studenti/esse provenienti da altri Atenei sono ugualmente esonerati/e dall'inserimento di uno o più insegnamenti caratterizzanti obbligatori nel proprio piano di studio nel caso in cui abbiano sostenuto e superato esami di

insegnamenti che siano riconosciuti dalla Commissione Didattica ad essi equivalenti, quanto a programma e numero di crediti, e hanno la possibilità di sostituirli con altri al loro scelta secondo gli stessi criteri di coerenza con il percorso formativo.

Piani di studio consigliati e piani di studio individuali

Per aiutare lo/la studente/essa a scegliere un percorso formativo coerente vengono fornite tre proposte, inquadrare nei tre curricula del presente corso di laurea:

1) CURRICULUM “GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI”

- Crittografia e Sicurezza dell’Informazione

2) CURRICULUM “ANALISI DEI DATI E STATISTICA”

- Data Science & Statistica

3) CURRICULUM “MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE”

- Modelli e simulazioni,

Tali proposte sono illustrate nei seguenti PdS consigliati; in alternativa ai PdS consigliati, è possibile compilare un PdS individuale. Non è consentito inserire nel proprio PdS insegnamenti il cui esame sia già stato superato nel corso di Laurea Triennale e che siano stati conteggiati nei 180 CFU usati per il raggiungimento di suddetta laurea; eventuali esami sostenuti in eccedenza possono essere convalidati sulla base del parere di un’apposita commissione. Nelle pagine seguenti sono riportati i PdS consigliati e quelli individuali. Gli insegnamenti a scelta possono essere scelti anche all’esterno del presente Corso di Studio. Il PdS individuale deve comunque essere inquadrato in uno dei tre curricula “Gestione e protezione dei dati”, “Analisi dei dati e statistica” o “Modellistica fisica e simulazioni numeriche”. Chi proviene da un altro ateneo e abbia sostenuto e superato l’esame di uno più insegnamenti che siano riconosciuti equivalenti, quanto a programma e numero di crediti, a insegnamenti tra quelli obbligatori, si deve attenere alle stesse modalità indicate per gli/le studenti/esse che abbiano conseguito il titolo di laurea presso l’Università Roma Tre.

PdS consigliati

In questa sezione vengono proposti tre possibili percorsi formativi, uno in "Crittografia e sicurezza dell'informazione", uno in "Data Science e Statistica" e uno in "Modelli e simulazioni". Il primo rientra nell’ambito del Curriculum "Gestione e protezioni dei dati", il secondo nell’ambito del Curriculum “Analisi dei dati e statistica” mentre il terzo si colloca all'interno del Curriculum "Modellistica fisica e simulazioni numeriche". Per ciascun percorso sono state individuate due possibili piccole diversificazioni (al livello di CFU per attività affini e a scelta) per tenere conto di interessi specifici degli/delle studenti/esse.

PdS Consigliato – Crittografia e sicurezza dell’informazione		
Insegnamento	SSD	CFU
TAF b1) 3 Caratterizzanti - formazione teorica avanzata		

IN410 Calcolabilità e complessità	MAT/01	9
CR410 Crittografia a chiave pubblica	MAT/02	9
CR510 Crittosistemi ellittici	MAT/02	6
TAF b2) 2 Caratterizzanti - formazione modellistico-applicativa		
IN440 Ottimizzazione combinatoria	MAT/09	9
CP450 Metodi probabilistici e algoritmi aleatori	MAT/06	6
TAF c) 4 Affini		
IN480 Calcolo Parallelo e Distribuito <i>oppure</i>	INF/01	9
IN490 Linguaggi di Programmazione		
IN420 Teoria dell'informazione	INF/01	9
IN450 Algoritmi per la crittografia	INF/01	6
IN520 Sicurezza delle Telecomunicazioni	ING-INF/03	6
TAF d) 1 a Scelta + QLM oppure 2 a Scelta		
Gli insegnamenti a scelta possono essere scelti tra tutti gli esami offerti dall'Ateneo. Tra gli insegnamenti a scelta sono consigliati:		
TN510 – Teoria dei Numeri (MAT/02)		6
GE460 – Teoria dei Grafi (MAT/03)		

PdS Consigliato – Data Science & Statistica		
Nome Insegnamento, SSD		CFU
TAF b1) 3 Caratterizzanti - formazione teorica avanzata		
IN410 Calcolabilità e complessità, MAT/01		9
GE530 Algebra lineare per machine learning, MAT/03		9
GE460 Teoria dei grafi, MAT/03		6
TAF b2) 2 Caratterizzanti - formazione modellistico-applicativa		
PdS tipo A		PdS tipo B
AN410 Analisi numerica 1, MAT/08		AN410 Analisi numerica 1, MAT/08
ST410 Introduzione alla statistica, MAT/06		CP450 Probabilità e algoritmi aleatori, MAT/06
9		6
TAF c) 4 Affini		
IN440 Ottimizzazione combinatoria, MAT/09		IN480 Calcolo Parallelo e Distribuito, INF/01
IN420 Teoria dell'informazione, INF/01		IN490 Linguaggi di programmazione, INF/01
9		9
FS520 Reti complesse, FIS/03		FS520 Reti complesse, FIS/03
6		6
IN550 Machine learning, INF/01		CP420 Introduzione ai processi stocastici, MAT/06
6		6
TAF d) 1 a Scelta + QLM oppure 2 a Scelta		
Gli insegnamenti a scelta possono essere scelti tra tutti gli esami offerti dall'Ateneo. Tra gli insegnamenti a scelta sono consigliati:		
IN400 Programmazione in Python e MATLAB, INF/01		IN400 Programmazione in Python e MATLAB, INF/01
FS510 Metodo Montecarlo, FIS/01		IN550 Machine learning, INF/01
probabilità avanzata (CP420 o CP450), MAT/06		6

PdS Consigliato – Modelli e Simulazioni		
Nome Insegnamento, SSD		CFU
TAF b1) 3 Caratterizzanti - formazione teorica avanzato		
IN410 Calcolabilità e complessità, MAT/01		9
AM430 Equazioni differenziali ordinarie, MAT/05		6
TAF b2) 2 Caratterizzanti - formazione modellistico-applicativa		
AN410 Analisi numerica 1, MAT/08		9
FM510 Applicazioni della fisica matematica, MAT/07		9
ST410 Introduzione alla statistica, MAT/06		6
TAF c) 4 Affini		
PdS tipo A		PdS tipo B
CP410 Teoria della probabilità, MAT/06		IN440 Ottimizzazione combinatoria, MAT/09
IN400 Programmazione in Python e MATLAB, INF/01		IN400 Programmazione in Python e MATLAB, INF/01
FM310 Istituzioni di fisica matematica, MAT/07		AN420 Analisi Numerica 2, MAT/08
FS510 Metodo Montecarlo, FIS/01		AN430 Metodo degli elementi finiti, MAT/08
TAF d) 1 a Scelta + QLM oppure 2 a Scelta		
Gli insegnamenti a scelta possono essere scelti tra tutti gli esami offerti dall'Ateneo. Tra gli insegnamenti a scelta sono consigliati:		
AN430 Metodo degli elementi finiti, MAT/08		FS510 Metodo Montecarlo, FIS/01
IN550 Machine learning, INF/01		IN550 Machine learning. INF/01
FS520 Reti complesse, FIS/03		6

PdS individuali

Il PdS individuale va compilato in base alle indicazioni contenute nel presente Art. 8

PdS Individuale – Curriculum “Gestione e protezione dei dati”		
Insegnamento	SSD	CFU
TAF b1) 3 Caratterizzanti - formazione teorica avanzato		
IN410	MAT/01	9
1 a scelta da 9 CFU	MAT/01-03, MAT/05	9
1 a scelta da 6 CFU	MAT/01-03, MAT/05	6
TAF b2) 2 Caratterizzanti - formazione modellistico-applicativa		
1 a scelta da 9 CFU	MAT/09	9
1 a scelta da 6 CFU	MAT/06	6
TAF c) 4 Affini (almeno 12 CFU nel SSD INF/01)		
1 a scelta da 9 CFU		9
1 a scelta da 9 CFU		9
1 a scelta da 6 CFU		6
1 a scelta da 6 CFU		6
TAF d) 1 a Scelta + QLM oppure 2 a Scelta		
Gli insegnamenti a scelta possono essere scelti tra tutti gli esami offerti dall’Ateneo.		
A scelta da 6 CFU		6

PdS Individuale – Curriculum “Analisi dei dati e statistica”		
Insegnamento	SSD	CFU
TAF b1) 3 Caratterizzanti - formazione teorica avanzato		
IN410	MAT/01	9
1 a scelta da 9 CFU	MAT/01-03, MAT/05	9
1 a scelta da 6 CFU	MAT/01-03, MAT/05	6
TAF b2) 2 Caratterizzanti - formazione modellistico-applicativa		
1 a scelta da 9 CFU	MAT/08	9
1 a scelta da 6 CFU	MAT/06	6
TAF c) 4 Affini (almeno 12 CFU nel SSD INF/01)		
1 a scelta da 9 CFU		9
1 a scelta da 9 CFU		9
1 a scelta da 6 CFU		6
1 a scelta da 6 CFU		6
TAF d) 1 a Scelta + QLM oppure 2 a Scelta		
Gli insegnamenti a scelta possono essere scelti tra tutti gli esami offerti dall’Ateneo.		
A scelta da 6 CFU		6

PdS Individuale - Curriculum “Modellistica fisica e simulazioni numeriche”		
Insegnamento	SSD	CFU
TAF b1) 3 Caratterizzanti - formazione teorica avanzato		
IN410	MAT/01	9
1 a scelta da 6 CFU	MAT/02-03, MAT/05	6
TAF b2) 2 Caratterizzanti - formazione modellistico-applicativa		
1 a scelta da 9 CFU	MAT/08	9
1 tra {FM310, FM510, MS410}	MAT/07	9
1 a scelta da 6 CFU	MAT/06	6
TAF c) 4 Affini (almeno 6 CFU nel SSD INF/01)		
1 a scelta da 9 CFU		9
1 a scelta da 9 CFU		9
1 a scelta da 6 CFU		6
1 a scelta da 6 CFU		6
TAF d) 1 a Scelta + QLM oppure 2 a Scelta		
Gli insegnamenti a scelta possono essere scelti tra tutti gli esami offerti dall’Ateneo.		
A scelta da 6 CFU		6

La frequenza di attività didattiche in sovrannumero e l’ammissione ai relativi appelli di esame è consentita fino a un massimo di 9 CFU complessivi; oltre tale soglia è consentita esclusivamente tramite l’iscrizione a singoli insegnamenti, disciplinata dal Regolamento Carriera. Tali attività didattiche non sono comprese nel piano di studio e non concorrono al calcolo dei crediti e della media per il conseguimento del titolo. Lo/La studente/essa può richiedere di sostituirle ad attività formative già presenti nel proprio piano di studio secondo le modalità e le regole di modifica dei piani di studio previste nel presente articolo. Eventuali esami già sostenuti e sostituiti saranno collocati in sovrannumero al di fuori del piano di studio.

La frequenza alle attività formative è vivamente consigliabile.

Per chi è iscritto/a a tempo parziale (iscrizione part-time) la quantità massima di lavoro di apprendimento richiesta è disciplinata dal Regolamento Didattico di Ateneo. Il Consiglio di Amministrazione può prevedere un ordinamento differenziato delle tasse universitarie per gli/le iscritti/e a tempo parziale. La Commissione Didattica può deliberare forme di tutorato e attività di sostegno a distanza, per via telematica, differenziate per gli/le iscritti/e a tempo parziale.

Per gli/le iscritti/e fuori corso da più di tre anni, la Commissione Didattica può dichiarare non più attuali i crediti acquisiti (anche parzialmente) e può provvedere a rideterminare nuovi obblighi formativi per il conseguimento del titolo.

Art. 9. Mobilità internazionale

Per tutti gli iscritti al Corso di laurea magistrale in Scienze Computazionali è prevista la possibilità di effettuare un periodo di studio all’estero (programma Erasmus ed altri programmi di scambio).

Tutte le informazioni sono consultabili sul sito web del Dipartimento di Matematica e Fisica nella sezione “Internazionale” – “Mobilità internazionale e programmi di scambio” e sul Portale dello Studente sezione “Mobilità internazionale”.

Ogni anno accademico vengono emanati dei bandi che regolano la mobilità. Per tutto quanto concerne la mobilità internazionale, gli/le studenti/esse sono invitati/e a fare riferimento al/alla coordinatore/trice discipline erasmus e per la mobilità internazionale.

Gli/Le assegnatari/rie di borsa di mobilità internazionale devono predisporre un *Learning Agreement* da sottoporre all’approvazione del/della docente coordinatore/trice discipline obbligatoriamente prima della partenza. Il riconoscimento degli studi compiuti all’estero e dei relativi crediti avverrà in conformità con quanto stabilito dal Regolamento Carriera e dal Regolamento per i programmi di mobilità internazionale nell’ambito dei quali le borse di studio vengono assegnate.

All’arrivo a Roma Tre, gli/le studenti/esse in mobilità in ingresso presso il corso di studio devono sottoporre all’approvazione del/della docente coordinatore/trice discipline il Learning Agreement firmato dal/dalla referente accademico/a presso l’università di appartenenza.

Art. 10. Caratteristiche della prova finale

La prova finale del Corso di Laurea Magistrale in Scienze Computazionali consiste nella preparazione e nella discussione, davanti ad apposita commissione, di una tesi costituita da un documento scritto (in lingua italiana o inglese), che presenti i risultati di una ricerca nel settore del calcolo scientifico, quali lo sviluppo e la soluzione di problemi matematici o informatici motivati dalle applicazioni. La tesi è preparata con la supervisione di un/una relatore/trice e si svolge di norma nel secondo anno del corso, occupando circa la metà del tempo complessivo.

Art. 11. Modalità di svolgimento della prova finale

La tesi è assegnata da un/una relatore/trice che segue e consiglia durante le varie fasi della sua preparazione. Il/La relatore/trice è di norma un docente o ricercatore/trice afferente al Dipartimento di Matematica e Fisica dell’Università di Roma Tre, ma può anche essere esterno/a al Dipartimento di Matematica e Fisica di Roma Tre; in tal caso, è affiancato/a da un/una docente afferente al Dipartimento con le funzioni di garante (relatore/trice interno/a). Il/La relatore/trice potrà avvalersi della collaborazione di uno o più esperti/e (denominati/e correlatori/trici) per la supervisione di alcune parti del lavoro di tesi.

La tesi deve riguardare argomenti di interesse per la ricerca fondamentale od applicata e comporta lo studio ed elaborazione della letteratura recente al riguardo e delle eventuali esperienze aziendali/laboratoriali svolte durante il tirocinio, organizzazione ed elaborazione autonoma dei principali risultati e problemi. Contributi originali, in termini di riformulazioni, esemplificazioni od applicazioni sono di regola attesi.

La tesi di Laurea Magistrale deve essere presentata alla segreteria studenti secondo le modalità generali di Ateneo; tali modalità, assieme al calendario degli esami di Laurea, vengono rese pubbliche nella bacheca e nelle pagine web dei Corsi di Studio in Matematica.

La prova finale della Laurea Magistrale si svolge in due fasi distinte:

- fase I (presentazione della tesi)
- fase II (valutazione e conferimento della Laurea Magistrale)

Le fasi I e II si svolgono di fronte ad apposite commissioni distinte, nominate dal/dalla Presidente della Commissione Didattica. La commissione per la fase I è costituita da almeno tre docenti o ricercatori/trici afferenti, di norma, al Dipartimento di Matematica e Fisica, dei quali uno/a è il/la relatore/trice della tesi, un/una secondo/a commissario/a svolgerà le funzioni di controrelatore/trice ed il/la terzo/a commissario/a presiederà la commissione. Il commissario controrelatore/trice avrà il compito di esaminare in dettaglio la tesi e di riferire il suo giudizio alla commissione. La commissione per la fase II è costituita da almeno cinque docenti o ricercatori/trici afferenti, di norma, al Dipartimento di Matematica e Fisica.

Per la fase I e per la fase II sono previsti quattro appelli per ogni anno accademico.

Competenze preliminari alla prova finale.

Le competenze necessarie per accedere alla prova finale vengono certificate, di norma, per i/le candidati/e che abbiano seguito un solo insegnamento a scelta, mediante il superamento di una prova di idoneità QLM - Qualificazione alla Laurea Magistrale.

La prova QLM comporta l'attribuzione 6 crediti ed è divisa in due parti. La prima parte di tale prova consiste in un corso di letture finalizzato alla preparazione alla tesi di Laurea Magistrale (proposto e seguito dal/dalla candidato/a relatore/trice della tesi). La seconda parte consiste nella presentazione di un dattiloscritto da cui estrarre il "capitolo zero" della tesi (redazione seguita e approvata dal/dalla candidato/a relatore/trice della tesi). Tale prova deve essere sostenuta al più tardi nella sessione precedente quella nella quale si sosterrà la prova finale. All'atto di tale prova deve essere formalmente verificata, se necessario, la disponibilità del/della relatore/trice ad accettare una stesura della tesi in lingua inglese e/o l'utilizzo di programmi avanzati di scrittura di testi matematici e la capacità di effettuare ricerche bibliografiche accurate nei database esistenti. È esonerato dal sostenere la prova QLM il/la candidato/a che abbia seguito o intenda seguire almeno due insegnamenti a scelta.

Le conoscenze informatiche e computazionali vengono certificate dal superamento di una prova ad idoneità denominata AIC - Abilità informatiche e computazionali, per 3 CFU. La prova, previo accordo con il/la relatore/trice della Tesi di Laurea Magistrale, prevede la verifica della capacità dell'utilizzo di programmi avanzati di scrittura di testi matematici e all'esecuzione di ricerche bibliografiche accurate nei database esistenti, verbalizzando la relativa idoneità.

Completano le ulteriori attività formative richieste al/alla candidato/a per accedere alla fase II, le attività di tirocinio formativo (TFO), per complessivi 7 crediti, che possono essere svolte o all'esterno del Dipartimento, presso un ente pubblico o un'azienda privata, o all'interno del Dipartimento, sotto la supervisione di un/una docente, e le altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro (MdL), per 3 CFU.

Fase I

Per poter sostenere la fase I della prova finale il/la candidato/a deve aver verbalizzato la prova QLM, a meno che non ne sia esonerato, ed aver sostenuto e superato gli esami relativi a tutti gli insegnamenti inseriti nel proprio piano di studio.

La prova consiste nella presentazione orale della tesi di fronte alla relativa commissione. La presentazione è di norma effettuata alla lavagna e avrà una durata di circa quaranta minuti. Lo/La studente/essa che, con l'accordo del/della relatore/trice, ritenesse necessaria una presentazione diversa, dovrà farne richiesta alla commissione. Al termine della discussione approfondita della tesi, il/la presidente invita

- il/la relatore/trice a commentare il lavoro svolto dal/dalla candidato/a;
- il/la controrelatore/trice a esprimere il proprio parere.

Il/La presidente della commissione, sulla base dello svolgimento e delle indicazioni degli altri/e commissari/rie, valuta se l'esito della prova sia positivo o negativo e comunica al/alla candidato/a tale esito. In caso l'esito sia negativo, la prova va ripetuta in un appello successivo. Nel caso la prova sia stata superata, il/la presidente della commissione-provvede a formulare una proposta di valutazione, che viene comunicata alla segreteria didattica. La proposta di valutazione relativa al superamento della fase I verrà espressa secondo il seguente criterio di massima: un punteggio compreso tra 1 e 9 punti. L'attribuzione di un punteggio superiore a 7 punti dovrà avvenire solo in caso di contributi straordinari (prossimi alla ricerca) da parte dello/della studente/essa.

Fase II

La fase II della prova finale consiste in una breve presentazione da parte del/della candidato/a dei contenuti essenziali della tesi di Laurea, anche con l'ausilio di trasparenti, di fronte alla commissione. Al termine delle presentazioni da parte dei/delle candidati/e segue, nell'ambito della commissione, la discussione per la valutazione.

Al completamento della fase II relativa al superamento della prova finale verranno attribuiti i CFU previsti, necessari per il conseguimento dei 120 CFU richiesti.

La commissione per la fase II ha la facoltà di utilizzare le procedure seguenti, dalle quali può comunque derogare qualora lo ritenga opportuno, per definire il voto finale:

- il voto base è costituito dalla media ponderata, riportata in centodecimi ed arrotondata dei voti ottenuti nel superamento delle attività formative, utilizzando come pesi i relativi CFU e considerando il voto di un esame superato con lode come 31 trentesimi;
- sulla base della proposta di valutazione della fase I, il voto base è incrementato di un punteggio intero nella fascia 1-9;
- il punteggio totale ottenuto, se <110, costituisce il voto finale; per il/la candidato/a che totalizzi un punteggio di almeno 110 può essere attribuita la lode con decisione unanime della commissione, su proposta del relatore/relatrice in caso di un punteggio pari a 110.

Le scadenze e gli adempimenti per la presentazione della domanda per il conseguimento del titolo sono disponibili [sul sito del Dipartimento](#) e sul [Portale dello Studente](#).

Art. 12. Valutazione della qualità delle attività formative

Per assicurare la qualità delle attività formative del corso di laurea, ogni anno con cadenza periodica, nel corso delle sedute programmate, la Commissione Didattica discute le relazioni del Nucleo di Valutazione e della Commissione Paritetica Docenti-Studenti, discute ed approva la Scheda di Monitoraggio annuale elaborata dal Gruppo del Riesame, analizza le risultanze dei Questionari di rilevazione dell'opinione degli/delle studenti/esse (OPIS) sulla didattica. La discussione dei risultati delle OPIS avviene con cadenza annuale, e porta alla stesura di una relazione che ha lo scopo di guidare i referenti delle aree didattiche in fase di programmazione didattica, in modo da rimuovere e/o correggere le eventuali criticità riscontrate negli anni precedenti.

In relazione alle problematiche riscontrate, la Commissione Didattica identifica le possibili procedure correttive da intraprendere e le porta in discussione nella seduta di Consiglio di Dipartimento più prossima. In accordo con le tempistiche previste nel documento sulle *Procedure per la definizione dell'offerta formativa dell'Ateneo e per l'assicurazione della qualità nella didattica*, il Consiglio di Dipartimento discute ed approva annualmente una relazione di autovalutazione e monitoraggio relativi alla parte didattica del Piano Strategico di Ateneo in essere. Tale relazione, assieme alla vigente programmazione triennale di Ateneo per la didattica ed alle risultanze di tutte le attività di Assicurazione delle Qualità sopra descritte, costituisce la base per la definizione dell'offerta formativa e della scheda SUA-CdS dell'anno accademico seguente, per la revisione del Regolamento Didattico ed eventualmente dell'Ordinamento del Corso di Studio, tenendo anche conto dei suggerimenti emersi dagli incontri con i portatori di interesse, e per la definizione della parte didattica dell'eventuale documento di programmazione triennale di dipartimento.

La Commissione Didattica è costituita da docenti afferenti al Dipartimento di Matematica e Fisica che insegnano nei Corsi di Studio in Matematica e in Scienze Computazionali, dal segretario didattico e da due rappresentanti degli/della studenti/esse. Essa si riunisce periodicamente (di media una volta al mese) per discutere e deliberare in merito a tutte le questioni inerenti alla didattica del Corso di Laurea.

La presenza dei rappresentanti degli/delle studenti/esse nella Commissione Didattica consente di avere un riscontro immediato delle azioni che si intraprendono e di usufruire della loro collaborazione per mettere in luce eventuali punti deboli. Osservazioni, proposte e reclami da parte degli/delle studentesse sono sottoposti all'attenzione della Commissione Didattica, che ne valuta la pertinenza e adotta le azioni conseguenti. La Commissione Didattica prende altresì in considerazione i suggerimenti provenienti da altri docenti. Gli argomenti oggetto di discussione e le conclusioni a cui perviene la Commissione Didattica sono registrati puntualmente nei verbali che sono redatti al termine di ogni seduta e approvati nella seduta successiva.

Art. 13. Servizi didattici propedeutici o integrativi

Non sono previsti servizi propedeutici o integrativi.

Art. 14. Altre fonti normative

Per quanto non espressamente qui disciplinato si rinvia al Regolamento didattico di Ateneo e al Regolamento Carriera.

Art. 15. Validità

Le disposizioni del presente Regolamento si applicano a decorrere dall'anno accademico 2021/2022 e rimangono in vigore per l'intero ciclo formativo (e per la relativa coorte studentesca) avviato a partire dal suddetto anno accademico. Si applicano inoltre ai successivi anni accademici e relativi cicli formativi (e coorti) fino all'entrata in vigore di eventuali modifiche regolamentari.

In caso di modifiche degli Artt. 7 e/o 8 e previa approvazione della Commissione Didattica, gli/le studenti/esse delle coorti precedenti potranno optare di seguire un percorso formativo che rispetti i vincoli previsti dal nuovo Regolamento Didattico.

Gli allegati 1 e 2 richiamati nel presente Regolamento possono essere modificati da parte della struttura didattica competente, nell'ambito del processo annuale di programmazione didattica. Le modifiche agli allegati 1 e 2 non sono considerate modifiche regolamentari. I contenuti dei suddetti allegati sono in larga parte resi pubblici anche mediante il sito www.university.it.

Allegato 1

Elenco delle attività formative previste per il corso di studio.

Allegato 2

Elenco delle attività formative erogate per il presente anno accademico.

DIDATTICA PROGRAMMATA 2021/2022

Scienze Computazionali (LM-40)

Dipartimento: MATEMATICA E FISICA

Codice CdS: 104653

Codice SUA: 1571715

Area disciplinare: ScientificoTecnologica

Curricula previsti:

- Gestione e protezione dei dati
- Modellistica fisica e simulazioni numeriche
- Analisi dei dati e statistica

CURRICULUM: Gestione e protezione dei dati

Primo anno

Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
GRUPPO OPZIONALE 12 CFU a scelta dello studente: Nei percorsi formativi proposti scegliere gli insegnamenti in base a precise esigenze formative nel seguente modo: 2 insegnamenti oppure 1 insegnamento e QLM. Si rinvia al regolamento per suggerimenti.				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/09 nel curriculum GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08 nel curriculum ANALISI DEI DATI E STATISTICA				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01				
GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2 Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA				

Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
GRUPPO OPZIONALE 12 CFU a scelta dello studente: Nei percorsi formativi proposti scegliere gli insegnamenti in base a precise esigenze formative nel seguente modo: 2 insegnamenti oppure 1 insegnamento e QLM. Si rinvia al regolamento per suggerimenti.				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/09 nel curriculum GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08 nel curriculum ANALISI DEI DATI E STATISTICA				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01				
GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2				

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA				

Secondo anno

Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410378 - AIC - ABILITA' INFORMATICHE E COMPUTAZIONALI <i>TAF F - Abilità informatiche e telematiche</i>	MAT/07	3	30	ITA
20410379 - MDL- ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO <i>TAF F - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro</i>	MAT/07	3	25	ITA
20410468 - PROVA FINALE <i>TAF E - Per la prova finale</i>		23	575	ITA
20410155 - TFO - TIROCINIO FORMATIVO E DI ORIENTAMENTO <i>TAF F - Tirocini formativi e di orientamento</i>	MAT/07	7	175	ITA
20410376 - UCL-ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE <i>TAF F - Ulteriori conoscenze linguistiche</i>		3	20	ITA

Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
---	-----	-----	-----	--------

CURRICULUM: Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Primo anno

Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
GRUPPO OPZIONALE 12 CFU a scelta dello studente: Nei percorsi formativi proposti scegliere gli insegnamenti in base a precise esigenze formative nel seguente modo: 2 insegnamenti oppure 1 insegnamento e QLM. Si rinvia al regolamento per suggerimenti.				
GRUPPO OPZIONALE CURRICULUM MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01				
GRUPPO OPZIONALE CURRICULUM MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06, 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/07 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08				
GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2 Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA				

Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
GRUPPO OPZIONALE 12 CFU a scelta dello studente: Nei percorsi formativi proposti scegliere gli insegnamenti in base a precise esigenze formative nel seguente modo: 2 insegnamenti oppure 1 insegnamento e QLM. Si rinvia al regolamento per suggerimenti.				
GRUPPO OPZIONALE CURRICULUM MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01				
GRUPPO OPZIONALE CURRICULUM MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06, 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/07 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08				
GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2 Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA				

Secondo anno

Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410378 - AIC - ABILITA' INFORMATICHE E COMPUTAZIONALI <i>TAF F - Abilità informatiche e telematiche</i>	MAT/07	3	30	ITA
20410379 - MDL- ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO <i>TAF F - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro</i>	MAT/07	3	25	ITA
20410468 - PROVA FINALE <i>TAF E - Per la prova finale</i>		23	575	ITA
20410155 - TFO - TIROCINIO FORMATIVO E DI ORIENTAMENTO <i>TAF F - Tirocini formativi e di orientamento</i>	MAT/07	7	175	ITA
20410376 - UCL-ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE		3	20	ITA

Denominazione <i>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)</i>	SSD	CFU	Ore	Lingua
<i>TAF F - Ulteriori conoscenze linguistiche</i>				

Secondo semestre

Denominazione <i>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)</i>	SSD	CFU	Ore	Lingua
---	------------	------------	------------	---------------

CURRICULUM: Analisi dei dati e statistica

Primo anno

Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
GRUPPO OPZIONALE 12 CFU a scelta dello studente: Nei percorsi formativi proposti scegliere gli insegnamenti in base a precise esigenze formative nel seguente modo: 2 insegnamenti oppure 1 insegnamento e QLM. Si rinvia al regolamento per suggerimenti.				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/09 nel curriculum GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08 nel curriculum ANALISI DEI DATI E STATISTICA				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01				
GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2 Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA				

Secondo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
GRUPPO OPZIONALE 12 CFU a scelta dello studente: Nei percorsi formativi proposti scegliere gli insegnamenti in base a precise esigenze formative nel seguente modo: 2 insegnamenti oppure 1 insegnamento e QLM. Si rinvia al regolamento per suggerimenti.				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/09 nel curriculum GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08 nel curriculum ANALISI DEI DATI E STATISTICA				
GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01				
GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2 Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA				

Secondo anno

Primo semestre

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410378 - AIC - ABILITA' INFORMATICHE E COMPUTAZIONALI <i>TAF F - Abilità informatiche e telematiche</i>	MAT/07	3	30	ITA
20410379 - MDL - ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO <i>TAF F - Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro</i>	MAT/07	3	25	ITA
20410468 - PROVA FINALE <i>TAF E - Per la prova finale</i>		23	575	ITA

Denominazione <i>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)</i>	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410155 - TFO - TIROCINIO FORMATIVO E DI ORIENTAMENTO <i>TAF F - Tirocini formativi e di orientamento</i>	MAT/07	7	175	ITA
20410376 - UCL-ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE <i>TAF F - Ulteriori conoscenze linguistiche</i>		3	20	ITA

Secondo semestre

Denominazione <i>(Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)</i>	SSD	CFU	Ore	Lingua
---	------------	------------	------------	---------------

GRUPPI OPZIONALI

GRUPPO OPZIONALE 12 CFU a scelta dello studente: Nei percorsi formativi proposti scegliere gli insegnamenti in base a precise esigenze formative nel seguente modo: 2 insegnamenti oppure 1 insegnamento e QLM. Si rinvia al regolamento per suggerimenti.

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410075 - CFU A SCELTA DELLO STUDENTE <i>TAF D - A scelta dello studente</i>		6	0	ITA
20410163 - CFU A SCELTA DELLO STUDENTE <i>TAF D - A scelta dello studente</i>		6	0	ITA
20410433 - QLM - QUALIFICAZIONE ALLA LAUREA MAGISTRALE <i>TAF D - A scelta dello studente</i>	MAT/07	6	10	ITA

GRUPPO OPZIONALE CURRICULUM MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410593 - AC310-ANALISI COMPLESSA <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	9	72	ITA
20410408 - AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	9	72	ITA
20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	9	72	ITA
20410520 - AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	6	60	ITA
20410409 - AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	9	72	ITA
20410635 - AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	6	60	ITA
20410518 - AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	6	60	ITA
20410469 - AM430 - EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	6	60	ITA
20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	9	72	ITA
20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA				
MODULO - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	6	60	ITA
MODULO - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO B <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	3	12	ITA
20410428 - CR510 - CRITTO SISTEMI ELLITTICI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	6	60	ITA
20410411 - GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	9	72	ITA
20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	9	72	ITA
20410444 - GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	6	60	ITA
20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	6	60	ITA
20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	9	72	ITA
20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/01	9	72	ITA

GRUPPO OPZIONALE CURRICULUM MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410451 - LM410 - TEOREMI SULLA LOGICA 1				
MODULO - LM410 - TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/01	6	48	ITA
MODULO - LM410 - TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/01	3	24	ITA
20410455 - LM420 - TEOREMI SULLA LOGICA 2 TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/01	6	36	ITA
20410613 - LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/01	6	60	ITA
20410529 - LM510 - TEORIE LOGICHE 1 TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/01	6	36	ITA
20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/02	6	60	ITA

GRUPPO OPZIONALE CURRICULUM MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06, 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/07 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410413 - AN410 - ANALISI NUMERICA 1 TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/08	9	72	ITA
20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2 TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/08	9	72	ITA
20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/08	6	60	ITA
20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/06	9	72	ITA
20410556 - CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/06	6	60	ITA
20410410 - FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	9	72	ITA
20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA				
MODULO - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	3	30	ITA
MODULO - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	3	30	ITA
20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	9	72	ITA
20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/09	9	72	ITA
20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	9	72	ITA
20410555 - ST410-STATISTICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/06	6	60	ITA

GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410593 - AC310-ANALISI COMPLESSA TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/05	9	72	ITA
20410408 - AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE TAF B - Formazione teorica avanzata	MAT/02	9	72	ITA

GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA:
scegliere 3 Insegnamenti (24 CFU) nei seguenti SSD MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/05 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/01

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	9	72	ITA
20410520 - AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	6	60	ITA
20410409 - AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	9	72	ITA
20410635 - AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	6	60	ITA
20410518 - AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	6	60	ITA
20410469 - AM430 - EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	6	60	ITA
20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/05	9	72	ITA
20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA				
MODULO - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	6	60	ITA
MODULO - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO B <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	3	12	ITA
20410428 - CR510 - CRITTOLOGIA E SISTEMI ELLITTICI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	6	60	ITA
20410411 - GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	9	72	ITA
20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	9	72	ITA
20410444 - GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	6	60	ITA
20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	6	60	ITA
20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/03	9	72	ITA
20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/01	9	72	ITA
20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1				
MODULO - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/01	6	48	ITA
MODULO - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/01	3	24	ITA
20410455 - LM420 - TEOREMI SULLA LOGICA 2 <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/01	6	36	ITA
20410613 - LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/01	6	60	ITA
20410529 - LM510 - TEORIE LOGICHE 1 <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/01	6	36	ITA
20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI <i>TAF B - Formazione teorica avanzata</i>	MAT/02	6	60	ITA

GRUPPO OPZIONALE COMUNE AI CURRICULA GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI E ANALISI DEI DATI E STATISTICA: scegliere 2 Insegnamenti (15 CFU) nei seguenti SSD MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09 tra le attività caratterizzanti (B), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/09 nel curriculum GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/06 e 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD MAT/08 nel curriculum ANALISI DEI DATI E STATISTICA

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410413 - AN410 - ANALISI NUMERICA 1 TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/08	9	72	ITA
20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2 TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/08	9	72	ITA
20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/08	6	60	ITA
20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/06	9	72	ITA
20410556 - CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/06	6	60	ITA
20410410 - FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	9	72	ITA
20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA				
MODULO - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	3	30	ITA
MODULO - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	3	30	ITA
20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	9	72	ITA
20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/09	9	72	ITA
20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/07	9	72	ITA
20410555 - ST410-STATISTICA TAF B - Formazione modellistico-applicativa	MAT/06	6	60	ITA

GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2 Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
20410413 - AN410 - ANALISI NUMERICA 1 TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/08	9	72	ITA
20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2 TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/08	9	72	ITA
20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/08	6	60	ITA
20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/06	9	72	ITA
20410556 - CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/06	6	60	ITA
20410410 - FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/07	9	72	ITA
20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA				
MODULO - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/07	3	30	ITA
MODULO - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/07	3	30	ITA
20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/07	9	72	ITA
20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA	FIS/02	6	60	ITA

GRUPPO OPZIONALE GRUPPO UNICO: Scegliere 4 insegnamenti (30 CFU) nei seguenti SSD FIS, INF/01, ING-INF/03, ING-INF/04, ING-INF/05, MAT/04,06,07,08,09, SECS-S/01,SECS-S/06 TRA LE ATTIVITA' AFFINI INTEGRATIVE (C), di cui almeno 1 Insegnamento (6 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula MODELLISTICA FISICA E SIMULAZIONI NUMERICHE e almeno 2 Insegnamenti (12 CFU) nel SSD INF/01 nei curricula GESTIONE E PROTEZIONE DEI DATI e ANALISI DEI DATI E STATISTICA

Denominazione (Tipologia attività formativa (TAF) / Ambito disciplinare)	SSD	CFU	Ore	Lingua
TAF C - Attività formative affini o integrative				
20410437 - FS430 - TEORIA DELLA RELATIVITÀ TAF C - Attività formative affini o integrative	FIS/02	6	48	ITA
20410435 - FS440 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI TAF C - Attività formative affini o integrative	FIS/04	6	60	ITA
20410434 - FS450 - ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA TAF C - Attività formative affini o integrative	FIS/02	6	60	ITA
20410566 - FS470 - PRINCIPI DI ASTROFISICA TAF C - Attività formative affini o integrative	FIS/05	6	60	ITA
20410569 - FS480 - RETI NEURALI TAF C - Attività formative affini o integrative	FIS/02	6	60	ITA
20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO TAF C - Attività formative affini o integrative	FIS/01	6	60	ITA
20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE TAF C - Attività formative affini o integrative	FIS/03	6	60	ITA
20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB				
MODULO - MODULO A - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON TAF C - Attività formative affini o integrative	INF/01	3	30	ITA
MODULO - MODULO B - PROGRAMMAZIONE IN MATLAB TAF C - Attività formative affini o integrative	INF/01	3	30	ITA
20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE TAF C - Attività formative affini o integrative	INF/01	9	72	ITA
20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/09	9	72	ITA
20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA TAF C - Attività formative affini o integrative	INF/01	6	60	ITA
20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO TAF C - Attività formative affini o integrative	INF/01	9	72	ITA
20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE TAF C - Attività formative affini o integrative	INF/01	9	72	ITA
20410430 - IN520-SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI TAF C - Attività formative affini o integrative	ING-INF/03	6	42	ITA
20410432 - IN550 - MACHINE LEARNING TAF C - Attività formative affini o integrative	INF/01	6	60	ITA
20410438 - MF410 - FINANZA COMPUTAZIONALE TAF C - Attività formative affini o integrative	SECS-S/06	9	60	ITA
20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/07	9	72	ITA
20410555 - ST410-STATISTICA TAF C - Attività formative affini o integrative	MAT/06	6	60	ITA

TIPOLOGIE ATTIVITA' FORMATIVE (TAF)

Sigla	Descrizione
A	Base
B	Caratterizzanti
C	Attività formative affini o integrative
D	A scelta studente
E	Prova Finale o Per la conoscenza di almeno una lingua straniera
F	Ulteriori attività formative (art.10, comma 5, lettera d)
R	Attività formative in ambiti disciplinari affini o integrativi a quelli di base e caratterizzanti, anche con riguardo alle culture di contesto e alla formazione interdisciplinare
S	Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali

OBIETTIVI FORMATIVI

20410593 - AC310-ANALISI COMPLESSA

Italiano

Acquisire una ampia conoscenza delle funzioni oloforme e meromorfe di una variabile complessa e delle loro principali proprietà. Acquisire una buona manualità nell'integrazione complessa e nel calcolo di integrali definiti reali.

Inglese

To acquire a broad knowledge of holomorphic and meromorphic functions of one complex variable and of their main properties. To acquire good dexterity in complex integration and in the calculation of real definite integrals.

20410378 - AIC - ABILITA' INFORMATICHE E COMPUTAZIONALI

Italiano

Approfondire la conoscenza di strumenti informatici o di software per il calcolo scientifico.

Inglese

Acquire advanced technical skills in computer sciences and software for scientific calculation

20410408 - AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE

Italiano

Acquisire una buona conoscenza dei concetti e metodi della teoria delle equazioni polinomiali di una variabile. Saper applicare le tecniche ed i metodi dell'algebra astratta. Capire e saper applicare il Teorema Fondamentale della corrispondenza di Galois per studiare la "complessità" di un polinomio.

Inglese

Acquire a good knowledge of the concepts and methods of the theory of polynomial equations in one variable. Learn how to apply the techniques and methods of abstract algebra. Understand and apply the fundamental theorem of Galois correspondence to study the "complexity" of a polynomial.

20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA

Italiano

Acquisire una buona conoscenza di alcuni metodi e risultati fondamentali nello studio degli anelli commutativi e dei loro moduli, con particolare riguardo allo studio di classi di anelli di interesse per la teoria algebrica dei numeri e per la geometria algebrica.

Inglese

Acquire a good knowledge of some methods and fundamental results in the study of the commutative rings and their modules, with particular reference to the study of ring classes of interest for the algebraic theory of numbers and for algebraic geometry.

20410520 - AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI

Italiano

Acquisire metodi e tecniche della moderna teoria algebrica dei numeri attraverso problematiche classiche iniziate da Fermat, Eulero, Lagrange, Dedekind, Gauss, Kronecker.

Inglese

Acquire methods and techniques of modern algebraic theory of numbers through classic problems initiated by Fermat, Euler, Lagrange, Dedekind, Gauss, Kronecker.

20410409 - AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE

Italiano

Acquisire una buona conoscenza della teoria dell'integrazione astratta e degli spazi funzionali L^p .

Inglese

To acquire a good knowledge of the abstract integration theory and of the functional spaces L^p .

20410635 - AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

Italiano

Acquisire una buona conoscenza dei metodi generali e delle tecniche necessarie allo studio delle equazioni alle derivate parziali

Inglese

To acquire a good knowledge of the general methods and techniques necessary for the study of partial differential equations

20410565 - AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI DI TIPO ELLITTICO

Italiano

Acquisire una buona conoscenza dei metodi generali e delle tecniche classiche necessarie allo studio delle equazioni alle derivate parziali di tipo ellittico

Inglese

To acquire a good knowledge of the general methods and classical techniques necessary for the study of elliptic partial differential equations

20410518 - AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

Italiano

Acquisire una buona conoscenza dei metodi generali e delle tecniche necessarie allo studio delle soluzioni deboli di equazioni alle derivate parziali.

Inglese

To acquire a good knowledge of the general methods and classical techniques necessary for the study of weak solutions of partial differential equations.

20410469 - AM430 - EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE

Italiano

Acquisire una buona conoscenza dei metodi generali e delle tecniche necessarie allo studio delle equazioni differenziali ordinarie e alle loro proprietà qualitative.

Inglese

To acquire a good knowledge of the general methods and classical techniques necessary for the study of ordinary differential equations and their qualitative properties.

20410460 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE

Italiano

Acquisire una buona conoscenza dell'analisi funzionale: spazi di Banach e di Hilbert, topologie deboli, operatori lineari e continui, operatori compatti, teoria spettrale.

Inglese

To acquire a good knowledge of functional analysis: Banach and Hilbert spaces, weak topologies, linear and continuous operators, compact operators, spectral theory.

20410413 - AN410 - ANALISI NUMERICA 1

Italiano

L'insegnamento intende dare gli elementi fondamentali (inclusa l'implementazione in un linguaggio di programmazione) delle tecniche di approssimazione numerica di base, in particolare quelle legate alla soluzione di sistemi lineari e di equazioni scalari non lineari, all'interpolazione e all'integrazione approssimata.

Inglese

Provide the basic elements (including implementation in a programming language) of elementary numerical approximation techniques, in particular those related to solution of linear systems and nonlinear scalar equations, interpolation and approximate integration.

20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2

Italiano

L'insegnamento è rivolto allo studio e all'implementazione di tecniche di approssimazione numerica più avanzate, in particolare relative alla soluzione approssimata di equazioni differenziali ordinarie, e a un ulteriore argomento avanzato da individuare tra l'ottimizzazione e i fondamenti dell'approssimazione di equazioni alle derivate parziali.

Inglese

Introduce to the study and implementation of more advanced numerical approximation techniques, in particular related to approximate solution of ordinary differential equations, and to a further advanced topic to be chosen between the optimization and the fundamentals of approximation of partial differential equations.

20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI

Italiano

Introdurre al metodo degli elementi finiti per la soluzione numerica delle equazioni alle derivate parziali; in particolare: fluidodinamica computazionale, problemi di trasporto; meccanica dei solidi computazionale.

Inglese

Introduce to the finite element method for the numerical solution of partial differential equations, in particular: computational fluid dynamics, transport problems; computational solid mechanics.

20410075 - CFU A SCELTA DELLO STUDENTE

Italiano

Integrare la propria preparazione di base con competenze qualificanti coerentemente con il proprio percorso formativo

Inglese

Complete the basic preparation with qualifying skills consistently with the educational route

20410163 - CFU A SCELTA DELLO STUDENTE

Italiano

Integrare la propria preparazione di base con competenze qualificanti coerentemente con il proprio percorso formativo

Inglese

Complete the basic preparation with qualifying skills consistently with the educational route

20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ

Italiano

Acquisire una solida preparazione negli aspetti principali della teoria delle probabilità: costruzione di misure di probabilità su spazi misurabili, legge 0/1, indipendenza, aspettative condizionate, variabili casuali, funzioni caratteristiche, teorema del limite centrale, processi di ramificazione e alcuni risultati fondamentali nella teoria delle martingale a tempo discreto.

Inglese

Foundations of modern probability theory: measure theory, 0/1 laws, independence, conditional expectation with respect to sub sigma algebras, characteristic functions, the central limit theorem, branching processes, discrete parameter martingale theory.

20410441 - CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI

Italiano

Acquisire una solida preparazione di base negli aspetti principali della teoria dei processi stocastici con particolare riguardo ai processi di Markov e alle loro applicazioni (metodo Monte Carlo e simulated annealing), della teoria delle passeggiate aleatorie e dei modelli più semplici di sistemi di particelle interagenti.

Inglese

Introduction to the theory of stochastic processes. Markov chains: ergodic theory, coupling, mixing times, with applications to random walks, card shuffling, and the Monte Carlo method. The Poisson process, continuous time Markov chains, convergence to equilibrium for some simple interacting particle systems.

20410556 - CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI

Italiano

Acquisire una conoscenza di base dei principali metodi probabilistici e delle loro applicazioni alle scienze computazionali: algoritmi aleatori, grafi aleatori e random networks, processi stocastici su grafi, processi di ramificazioni e di propagazione delle infezioni.

Inglese

Get to know the main probabilistic methods and their application to computer science: random algorithms, random graphs and networks, stochastic processes on graphs, branching processes and spread of infection.

20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA

Italiano

Acquisire una conoscenza di base dei concetti e metodi relativi alla teoria della crittografia a chiave pubblica, fornendo una panoramica di quelli che sono i modelli attualmente più utilizzati in questo settore.

Inglese

Acquire a basic understanding of the notions and methods of public-key encryption theory, providing an overview of the models which are most widely used in this field.

20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA

(CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A)

Italiano

Acquisire una conoscenza di base dei concetti e metodi relativi alla teoria della crittografia a chiave pubblica, fornendo una panoramica di quelli che sono i modelli attualmente più utilizzati in questo settore.

Inglese

Acquire a basic understanding of the notions and methods of public-key encryption theory, providing an overview of the models which are most widely used in this field.

20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA

(CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO B)

Italiano

Acquisire una conoscenza di base dei concetti e metodi relativi alla teoria della crittografia a chiave pubblica, fornendo una panoramica di quelli che sono i modelli attualmente più utilizzati in questo settore.

Inglese

Acquire a basic understanding of the notions and methods of public-key encryption theory, providing an overview of the models which are most widely used in this field.

20410428 - CR510 – CRITTO SISTEMI ELLITTICI

Italiano

Acquisire una conoscenza di base dei concetti e metodi relativi alla teoria della crittografia a chiave pubblica utilizzando il gruppo dei punti di una curva ellittica su un campo finito. Applicazioni della teoria delle curve ellittiche a problemi classici di teoria computazionale dei numeri come la fattorizzazione e i test di primalità.

Inglese

Acquire a basic knowledge of the concepts and methods related to the theory of public key cryptography using the group of points of an elliptic curve on a finite field. Apply the theory of elliptic curves to classical problems of computational number theory such as factorization and primality testing.

20410410 - FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA

Italiano

Acquisire una buona conoscenza della teoria elementare delle equazioni differenziali alle derivate parziali e dei metodi basilari di risoluzione, con particolare riferimento alle equazioni che descrivono problemi della fisica matematica.

Inglese

To acquire a good knowledge of the elementary theory of partial differential equations and of the basic methods of solution, with particular focus on the equations describing problems in mathematical physics.

20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA

Italiano

Approfondire lo studio dei sistemi dinamici con tecniche e metodi più avanzati nell'ambito del formalismo lagrangiano e hamiltoniano.

Inglese

To deepen the study of dynamical systems, with more advanced methods, in the context of Lagrangian and Hamiltonian theory.

20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA

(*FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A*)

Italiano

Approfondire lo studio dei sistemi dinamici con tecniche e metodi più avanzati nell'ambito del formalismo lagrangiano e hamiltoniano.

Inglese

To deepen the study of dynamical systems, with more advanced methods, in the context of Lagrangian and Hamiltonian theory.

20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA

(*FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B*)

Italiano

Approfondire lo studio dei sistemi dinamici con tecniche e metodi più avanzati nell'ambito del formalismo lagrangiano e hamiltoniano.

Inglese

To deepen the study of dynamical systems, with more advanced methods, in the context of Lagrangian and Hamiltonian theory.

20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA

Italiano

Applicare metodi e strumenti della fisica matematica ad alcune classi di modelli di sistemi dinamici e di meccanica statistica, attraverso sia lezioni teoriche che numerose esercitazioni pratiche svolte nel laboratorio informatico.

Inglese

To apply methods and tools of mathematical physics to some classes of models of dynamical systems and statistical mechanics, through both theoretical lectures and numerous practical exercises carried out in the computer lab.

20410448 - FS410 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA FISICA

Italiano

Apprendere tecniche statistiche e di laboratorio per la preparazione di esperienze didattiche di laboratorio di fisica.

Inglese

Learn statistical and laboratory techniques for the preparation of didactic physics experiments.

20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA

Italiano

Fornire una conoscenza basilare della meccanica quantistica, discutendo le principali evidenze sperimentali e le conseguenti interpretazioni teoriche che hanno condotto alla crisi della fisica classica, e illustrandone i principi fondamentali: concetto di probabilità, dualismo onda-particella, principio di indeterminazione. Viene quindi descritta la dinamica quantistica, l'equazione di Schrodinger e la sua risoluzione per alcuni sistemi fisici rilevanti.

Inglese

Provide a basic knowledge of quantum mechanics, discussing the main experimental evidence and the resulting theoretical interpretations that led to the crisis of classical physics, and illustrating its basic principles: notion of probability, wave-particle duality, indetermination principle. Quantum dynamics, the Schrodinger equation and its solution for some relevant physical systems are then described.

20410437 - FS430- TEORIA DELLA RELATIVITÀ

Italiano

Rendere lo studente familiare con i presupposti concettuali della teoria della relatività generale, sia come teoria geometrica dello spazio-tempo sia sottolineando analogie e differenze con le teorie di campo basate su simmetrie locali che descrivono le interazioni tra particelle elementari. Illustrare gli elementi essenziali di geometria differenziale necessari a formalizzare i concetti proposti. Introdurre lo studente ad estensioni della teoria di interesse per la ricerca teorica attuale.

Inglese

Make the student familiar with the theoretical underpinnings of General Relativity, both as a geometric theory of space-time and by stressing analogies and differences with the field theories based on local symmetries that describe the interactions among elementary particles. Illustrate the basic elements of differential geometry needed to correctly frame the various concepts. Introduce the student to extensions of the theory of interest for current research.

20410435 - FS440 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI

Italiano

Far acquisire allo studente le conoscenze di base su come è articolata la costruzione di un esperimento di fisica nucleare in funzione della raccolta dei dati dal rivelatore, del controllo delle apparecchiature e dell'esperimento, del monitoraggio del buon funzionamento argomenti dell'apparato e della qualità dei dati acquisiti.

Inglese

The lectures and laboratories allow the student to learn the basic concepts pinpointing the data acquisition of a high energy physics experiment with specific regard to the data collection, control of the experiment and monitoring.

20410434 - FS450 - ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA

Italiano

Acquisire la conoscenza dei principi fondamentali della meccanica statistica per sistemi classici e quantistici.

Inglese

Gain knowledge of fundamental principles of statistical mechanics for classical and quantum systems.

20410566 - FS470 - PRINCIPI DI ASTROFISICA

Italiano

Fornire allo studente una prima visione di alcuni fra gli argomenti fondamentali dell'Astrofisica e della Cosmologia utilizzando le conoscenze matematiche e fisiche acquisite nel primo biennio.

Inglese

Provide the student with a first view of some of the fundamental topics of Astrophysics and Cosmology using the mathematical and physical knowledge acquired in the first two years

20410569 - FS480 - RETI NEURALI

Italiano

Conoscenza dei modelli principali di attività nervosa, dal singolo neurone a reti di neuroni, con particolare enfasi sul ruolo del rumore

Inglese

Knowledge of the main models of nervous activity, from the single neuron to networks of neurons, with particular emphasis on the role of noise

20410570 - FS490 - EDUCATIONAL & OUTREACH - COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA

Italiano

Fornire allo studente i concetti di base della comunicazione, come le tecniche per parlare in pubblico e per la preparazione di materiali di presentazione e di testi di comunicazione scientifica. Far acquisire competenze sulla progettazione e realizzazione di prodotti di comunicazione (immagini, audio, video) e sul Communication Plan (piano per organizzare la comunicazione di un evento o progetto scientifico).

Inglese

To provide the student with the basic concepts of communication, such as techniques for public speaking and for the preparation of presentation materials and scientific communication texts. To acquire skills on the design and implementation of communication products (images, audio, video) and on the Communication Plan (plan to organize the communication of an event or scientific project).

20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO

Italiano

Acquisire gli elementi di base per la trattazione di problemi matematici e fisici tramite metodi statistici che utilizzano numeri random.

Inglese

Acquire the basic elements for dealing with mathematics and physics problems using statistical methods based on random numbers.

20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE

Italiano

Il corso introduce le studentesse e gli studenti all'affascinante mondo delle reti complesse, sia dal punto di vista teorico che da quello computazionale tramite esempi pratici. Le reti con proprietà topologiche complesse sono un giovane campo di ricerca che si sta sviluppando molto rapidamente e che trova applicazione in molte discipline tra le quali troviamo quelle sociali, l'economia e la biologia. Nella prima parte del corso si studiano i modelli più diffusi di reti e le loro caratteristiche topologiche. Nella seconda parte si analizza la dinamica delle reti con esempi, quali l'evoluzione di specifiche reti complessi.

Inglese

This course introduces students to the fascinating network science, both from a theoretical and a computational point of view through practical examples. Networks with complex topological properties are a new discipline rapidly expanding due to its multidisciplinary nature: it has found in fact applications in many fields, including finance, social sciences and biology. The first part of the course is devoted to the characterization of the topological structure of complex networks and to the study of the most used network models. The second part is focused on growth and dynamical processes in these systems and to the study of specific networks of this kind.

20410411 - GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE

Italiano

Topologia: classificazione topologica di curve e superfici. Geometria differenziale: studio della geometria di curve e superfici in \mathbb{R}^3 per fornire esempi concreti e facilmente calcolabili sul concetto di curvatura in geometria. I metodi usati pongono la geometria in relazione con il calcolo di più variabili, l'algebra lineare e la topologia, fornendo allo studente una visione ampia di alcuni aspetti della matematica.

Inglese

Topology: topological classification of curves and surfaces. Differential geometry: study of the geometry of curves and surfaces in \mathbb{R}^3 to provide concrete and easily calculable examples on the concept of curvature in geometry. The methods used place the geometry in relation to calculus of several variables, linear algebra and topology, providing the student with a broad view of some aspects of mathematics.

20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1

Italiano

Introdurre allo studio di topologia e geometria definite attraverso strumenti algebrici. Raffinamento di conoscenze

dell'algebra attraverso applicazioni allo studio delle varietà algebriche in spazi affini e proiettivi.

Inglese

Introduce to the study of topology and geometry defined through algebraic tools. Refine the concepts in algebra through applications to the study of algebraic varieties in affine and projective spaces.

20410444 - GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA

Italiano

Introdurre allo studio della geometria riemanniana affrontando in particolare i teoremi di Gauss-Bonnet e Hopf-Rinow.

Inglese

Introduce to the study of Riemannian geometry, in particular by addressing the theorems of Gauss-Bonnet and Hopf-Rinow.

20410596 - GE440 - TOPOLOGIA DIFFERENZIALE

Italiano

Testi da definire

Inglese

Testi da definire

20410465 - GE450 - TOPOLOGIA ALGEBRICA

Italiano

Fornire strumenti e metodi della topologia algebrica, tra cui la coomologia, l'omologia e l'omologia persistente. Comprendere le applicazioni di queste teorie all'analisi dei dati (Topological Data Analysis).

Inglese

To explain ideas and methods of algebraic topology, among which co-homology, homology and persistent homology. To understand the application of these theories to data analysis (Topological Data Analysis).

20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI

Italiano

Fornire strumenti e metodi della teoria dei grafi.

Inglese

Provide tools and methods for graph theory.

20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING

Italiano

Illustrare alcuni dei fondamenti matematici che sono alla base del Machine Learning, e in particolare l'algebra lineare e le sue applicazioni per il Deep Learning.

Inglese

Linear algebra concepts are key for understanding and creating machine learning algorithms, especially as applied to deep learning and neural networks. This course reviews linear algebra with applications to probability and statistics and optimization—and above all a full explanation of deep learning.

20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB

Italiano

Acquisire competenze per l'implementazione al calcolatore di programmi ad alto livello nei linguaggi interpretati Python e MATLAB. Conoscere i costrutti fondamentali di Python e MATLAB e la loro applicazione a casi d'uso legati al calcolo scientifico e all'elaborazione dei dati.

Inglese

Acquire the ability to implement high-level programs in the interpreted languages Python and MATLAB. Understand the main constructs used in Python and MATLAB and their application to scientific computing and data processing scenarios.

20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB

(*MODULO A - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON*)

Italiano

Acquisire competenze per l'implementazione al calcolatore di programmi ad alto livello nel linguaggio interpretato Python. Conoscere i costrutti fondamentali di Python e la sua applicazione a casi d'uso legati al calcolo scientifico e all'elaborazione dei dati.

Inglese

Acquire the ability to implement high-level programs in the interpreted language Python . Understand the main constructs used in Python and its application to scientific computing and data processing scenarios.

20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB

(*MODULO B - PROGRAMMAZIONE IN MATLAB*)

Italiano

Acquisire competenze per l'implementazione al calcolatore di programmi ad alto livello nel linguaggio interpretato MATLAB. Conoscere i costrutti fondamentali di MATLAB e la sua applicazione a casi d'uso legati al calcolo scientifico e all'elaborazione dei dati.

Inglese

Acquire the ability to implement high-level programs in the interpreted language MATLAB. Understand the main constructs used in MATLAB and its application to scientific computing and data processing scenarios.

20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ

Italiano

Approfondire gli aspetti matematici del concetto di computazione, lo studio delle relazioni tra diversi modelli di calcolo e la complessità computazionale.

Inglese

Improve the understanding of the mathematical aspects of the notion of computation, and study the relationships between different computational models and the computational complexity.

20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE

Italiano

Introdurre questioni fondamentali della teoria della trasmissione dei segnali e nella loro analisi quantitativa. Concetto di entropia e di mutua informazione. Mostrare la struttura algebrica soggiacente. Applicare i concetti fondamentali alla teoria dei codici, alla compressione dei dati e alla crittografia.

Inglese

Introduce key questions in the theory of signal transmission and quantitative analysis of signals, such as the notions of entropy and mutual information. Show the underlying algebraic structure. Apply the fundamental concepts to code theory, data compression and cryptography.

20410422 - IN430 - TECNICHE INFORMATICHE AVANZATE

Italiano

Acquisire le capacità concettuali di strutturare un problema secondo il paradigma ad oggetti. Acquisire la capacità di produrre il disegno di soluzioni algoritmiche basate sul paradigma ad oggetti. Acquisire i concetti di base relativi a tecniche di programmazione basate sul paradigma ad oggetti. Introdurre i concetti fondamentali di programmazione parallela e concorrente.

Inglese

Acquire the conceptual skills in structuring problems according to the object-oriented programming paradigm. Acquire the ability to design algorithmic solutions based on the object-oriented paradigm. Acquire the basic concepts related to programming techniques based on the object-oriented paradigm. Introduce the fundamental notions of parallel and

concurrent programming.

20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA

Italiano

Acquisire competenze sulle principali tecniche di risoluzione per problemi di ottimizzazione combinatoria; approfondire le competenze sulla teoria dei grafi; acquisire competenze tecniche avanzate per la progettazione, l'analisi e l'implementazione al calcolatore di algoritmi per la risoluzione di problemi di ottimizzazione su grafi, alberi e reti di flusso.

Inglese

Acquire skills on key solution techniques for combinatorial optimization problems; improve the skills on graph theory; acquire advanced technical skills for designing, analyzing and implementing algorithms aimed to solve optimization problems on graphs, trees and flow networks.

20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA

Italiano

Acquisire la conoscenza dei principali algoritmi di cifratura. Approfondire le competenze matematiche necessarie alla descrizione degli algoritmi. Acquisire le tecniche di crittoanalisi utilizzate nella valutazione del livello di sicurezza fornito dai sistemi di cifratura.

Inglese

Acquire the knowledge of the main encryption algorithms. Deepen the mathematical skills necessary for the description of the algorithms. Acquire the cryptanalysis techniques used in the assessment of the security level provided by the encryption systems.

20410568 - IN470 - METODI COMPUTAZIONALI PER LA BIOLOGIA

Italiano

Acquisire la conoscenza di base dei sistemi biologici e dei problemi legati alla loro comprensione anche in relazione a deviazioni dal normale funzionamento e quindi all'insorgenza di patologie. Curare l'aspetto modellistico come pure quello della simulazione numerica, soprattutto di problemi formulati mediante equazioni e sistemi discreti. Acquisire la conoscenza dei principali algoritmi bio-informatici utili ad analizzare dati biologici.

Inglese

Acquire the basic knowledge of biological systems and problems related to their understanding also in relation to deviations from normal functioning and thus on the onset of pathologies. Maintain the modeling aspect as well as that of numerical simulation, especially problems formulated by equations and discrete systems. Acquire the knowledge of the major bio-informatics algorithms useful for analyzing biological data.

20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO

Italiano

Acquisire le tecniche di programmazione parallela e distribuita, e la conoscenza delle moderne architetture hardware e software per il calcolo scientifico ad alte prestazioni. Paradigmi di parallelizzazione, parallelizzazione su CPU che su GPU, sistemi a memoria distribuita. Applicazioni Data intensive, Memory Intensive and Compute Intensive. Analisi delle prestazioni nei sistemi HPC.

Inglese

Acquire parallel and distributed programming techniques, and know modern hardware and software architectures for high-performance scientific computing. Parallelization paradigms, parallelization on CPU and GPU, distributed memory systems. Data-intensive, Memory Intensive and Compute Intensive applications. Performance analysis in HPC systems.

20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE

Italiano

Presentare i principali concetti della teoria dei linguaggi formali e la loro applicazione alla classificazione dei linguaggi di programmazione. Introdurre le principali tecniche per l'analisi sintattica dei linguaggi di programmazione. Imparare a riconoscere la struttura di un linguaggio di programmazione e le tecniche per implementarne la macchina astratta. Conoscere il paradigma orientato agli oggetti e un altro paradigma non imperativo.

Inglese

Introduce the main concepts of formal language theory and their application to the classification of programming languages. Introduce the main techniques for the syntactic analysis of programming languages. Learn to recognize the structure of a programming language and the techniques to implement its abstract machine. Study the object-oriented paradigm and another non-imperative paradigm.

20410430 - IN520-SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI

Italiano

Introdurre i concetti fondamentali della sicurezza e la capacità di poter autonomamente aggiornare le proprie conoscenze nel dominio sicurezza dei dati e delle reti. Fornire i concetti di base per la comprensione e la valutazione di soluzioni di sicurezza. Fornire le conoscenze per poter produrre soluzioni di sicurezza per sistemi di piccole/medie dimensioni

Inglese

Introduce the basic concepts of security and then show how to acquire autonomy in updating the understanding in the data and networks security domain. Provide the basic concepts for understanding and evaluating a security solution. Provide the basic knowledge to produce security solutions for small/medium-sized system

20410432 - IN550 – MACHINE LEARNING

Italiano

Apprendere a istruire un calcolatore a imparare dei concetti usando i dati, senza essere programmato esplicitamente. Acquisire la conoscenza dei principali metodi di apprendimento automatico con o senza supervisore e discuterne le proprietà e i criteri di applicabilità. Acquisire la capacità di formulare correttamente il problema, scegliere l'algoritmo opportuno, e condurre l'analisi sperimentale per valutare i risultati ottenuti. Curare l'aspetto pratico dell'implementazione dei metodi introdotti presentando diversi esempi di impiego in diversi scenari applicativi.

Inglese

Learn to instruct a computer to acquire concepts using data, without being explicitly programmed. Acquire knowledge of the main methods of supervised and non-supervised machine learning, and discuss the properties and criteria of applicability. Acquire the ability to formulate correctly the problem, to choose the appropriate algorithm, and to perform the experimental analysis in order to evaluate the results obtained. Take care of the practical aspect of the implementation of the introduced methods by presenting different examples of use in different application scenarios.

20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1

Italiano

Acquisire buona conoscenza dei principi della logica classica del primo ordine e del calcolo dei sequenti per essa, nonché, dei principali risultati che la concernono.

Inglese

To acquire a good knowledge of first order classical logic and its fundamental theorems.

20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1

(LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A)

Italiano

Acquisire buona conoscenza dei principi della logica classica del primo ordine e del calcolo dei sequenti per essa, nonché, dei principali risultati che la concernono.

Inglese

To acquire a good knowledge of first order classical logic and its fundamental theorems.

20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1

(LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B)

Italiano

Acquisire buona conoscenza dei principi della logica classica del primo ordine e del calcolo dei sequenti per essa, nonché, dei principali risultati che la concernono.

Inglese

To acquire a good knowledge of first order classical logic and its fundamental theorems.

20410455 - LM420 - TEOREMI SULLA LOGICA 2

Italiano

Approfondire la conoscenza dei principali risultati della logica classica del primo ordine e studiare alcune loro conseguenze notevoli.

Inglese

To support the students into an in-depth analysis of the main results of first order classical logic and to study some of their remarkable consequences.

20410613 - LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA

Italiano

Acquisire le nozioni di base della teoria assiomatica degli insiemi di Zermelo-Fraenkel e prendere conoscenza delle questioni connesse a tale teoria.

Inglese

To acquire the basic notions of Zermelo-Fraenkel's axiomatic set theory and present some problems related to that theory.

20410458 - LM430 - TEORIE LOGICHE 2

Italiano

Acquisire le nozioni di base della teoria assiomatica degli insiemi di Zermelo-Fraenkel e prendere conoscenza delle questioni connesse a tale teoria.

Inglese

To acquire the basic notions of Zermelo-Fraenkel's axiomatic set theory and present some problems related to that theory.

20410529 - LM510 - TEORIE LOGICHE 1

Italiano

Affrontare alcune questioni della teoria della dimostrazione del ventesimo secolo, in connessione con le tematiche della ricerca contemporanea

Inglese

Address some questions of the theory of the proof of the twentieth century, in connection with the themes of contemporary research

20410418 - MA410 - MATEMATICA APPLICATA E INDUSTRIALE

Italiano

Presentare un certo numero di problemi-tipo, di interesse applicativo in varie aree scientifiche e tecnologiche. Curare l'aspetto modellistico come pure quello della simulazione numerica, soprattutto di problemi formulati mediante equazioni e sistemi di equazioni alle derivate parziali.

Inglese

Present a number of problems, of interest for application in various scientific and technological areas. Deal with the modeling aspects as well as those of numerical simulation, especially for problems formulated in terms of partial differential equations.

20410412 - MC310 - ISTITUZIONI DI MATEMATICHE COMPLEMENTARI

Italiano

1. Basi concettuali della matematica: concetti primitivi in aritmetica, geometria, probabilità; l'idea di dimostrazione; matematica, filosofia e saperi scientifici. 2. Il discreto e il continuo. La geometria euclidea, i numeri naturali, la retta reale. Nodi concettuali, epistemologici, linguistici e didattici dell'insegnamento e dell'apprendimento della matematica. 3. La matematica nella cultura: il ruolo sociale ed economico della matematica, la matematica nell'educazione, la comunità matematica internazionale. 4. Progettazione e sviluppo di metodologie di insegnamento della matematica volti alla costruzione di un curriculum di matematica per i licei e per gli istituti tecnici e professionali.

Inglese

1. Conceptual basis of mathematics: first principles in arithmetic, geometry, probability; the idea of proof; mathematics, philosophy and scientific knowledge. 2. Discrete and continuous. Euclidean geometry, natural numbers, the real line. Conceptual, epistemological, linguistic and didactic nodes of teaching and learning mathematics. 3. Mathematics in culture: social and economic role of mathematics, mathematics in education, the international mathematical community. 4. Planning and developing methodologies for teaching mathematics, with the aim of building a curriculum in mathematics for high schools and technical and trade schools.

20410459 - MC430 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA MATEMATICA

Italiano

1. I software per la matematica, con particolare attenzione al loro utilizzo nella didattica della matematica nell'insegnamento scolastico. 2. Analisi delle potenzialità e criticità dell'uso di strumenti tecnologici per l'insegnamento e apprendimento della matematica.

Inglese

1. Mathematics software, with particular attention to their use for teaching mathematics in school. 2. Analysis of the potential and criticality of the use of technological tools for teaching and learning mathematics.

20410379 - MDL- ALTRE CONOSCENZE UTILI PER L'INSERIMENTO NEL MONDO DEL LAVORO

Italiano

Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro

Inglese

Other useful knowledge for entering the world of work

20410452 - ME410 - MATEMATICHE ELEMENTARI DA UN PUNTO DI VISTA SUPERIORE

Italiano

Rivisitare, in modo critico e con un approccio unitario, nozioni e risultati importanti della matematica classica (principalmente di aritmetica, geometria, algebra) che occupano un posto centrale nell'insegnamento della matematica nella scuola secondaria. In tal modo, contribuire alla formazione degli insegnanti, anche attraverso la riflessione sugli aspetti storici, didattici e culturali.

Inglese

Illustrate, using a critical and unitary approach, some interesting and classical results and notions that are central for teaching mathematics in high school (focussing, principally, on arithmetics, geometry and algebra). The aim of the course is also to give a contribution to teachers training through the investigation on historical, didactic and cultural aspects of these topics.

20410438 - MF410 - FINANZA COMPUTAZIONALE

Italiano

Fornire conoscenza di base sui mercati finanziari, introdurre e analizzare modelli teorici e computazionali per problemi di finanza quantitativa quali l'ottimizzazione del portafoglio, la gestione del rischio e il pricing di derivati. Gli aspetti computazionali sono sviluppati prevalentemente in ambiente Matlab.

Inglese

Basic knowledge of financial markets, introduction to computational and theoretical models for quantitative finance, portfolio optimization, risk analysis. The computational aspects are mostly developed within the Matlab environment.

20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA

Italiano

Acquisire le basi matematiche della teoria della meccanica statistica per sistemi di particelle o spin interagenti, incluso lo studio delle misure di Gibbs e dei fenomeni di transizione di fase; imparare ad applicarle ad alcuni modelli concreti, quali il modello di Ising in dimensione $d=1,2$ e nell'approssimazione di campo medio.

Inglese

To acquire the mathematical basic techniques of statistical mechanics for interacting particle or spin systems, including

the study of Gibbs measures and phase transition phenomena, and apply them to some concrete models, such as the Ising model in dimension $d = 1,2$ and in the mean field approximation.

20410468 - PROVA FINALE

Italiano

Stesura di un elaborato originale e approfondito

Inglese

Presentation and discussion of an original and detailed essay

20410433 - QLM - QUALIFICAZIONE ALLA LAUREA MAGISTRALE

Italiano

I parte: Corso di letture finalizzato alla preparazione alla tesi di Laurea Magistrale (proposto e seguito dal "candidato relatore" della tesi); II parte: Presentazione di un dattiloscritto da cui estrarre il "capitolo zero" della tesi magistrale (redazione seguita ed approvata dal "candidato relatore" della tesi).

Inglese

Part I: Course of readings finalized to the preparation for the Master's Degree thesis (proposed and followed by the "candidate speaker" of the thesis); Part II: Presentation of a typescript from which to extract the "chapter zero" of the master's thesis (editorial followed and approved by the "candidate speaker" of the thesis).

20410555 - ST410-STATISTICA

Italiano

Acquisire una buona conoscenza delle metodologie statistico matematiche di base per problemi di inferenza e modellistica statistica. Sviluppare una conoscenza anche operativa di alcuni specifici pacchetti statistici per l'applicazione pratica degli strumenti teorici acquisiti.

Inglese

Introduction to the basics of mathematical statistics and data analysis, including quantitative numerical experiments using suitable statistical software.

20410155 - TFO - TIROCINIO FORMATIVO E DI ORIENTAMENTO

Italiano

Tirocinio effettuato sotto la guida di un docente tutore, svolto sia all'interno, presso strutture dell'Università Roma TRE, che all'esterno, e certificato da una relazione finale

Inglese

Traineeship under the guidance of a tutor teacher, either inside the University or outside, and certified by a final report

20410453 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI

Italiano

Acquisire buona conoscenza dei concetti e metodi della teoria elementare dei numeri, con particolare riguardo allo studio delle equazioni diofantee e le equazioni di congruenze. Fornire i prerequisiti per corsi più avanzati della teoria algebrica e analitica dei numeri.

Inglese

Acquire a good knowledge of the concepts and methods of the elementary number theory, with particular reference to the study of the Diophantine equations and congruence equations. Provide prerequisites for more advanced courses of algebraic and analytical number theory.

20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI

Italiano

Acquisire buona conoscenza dei concetti e metodi della teoria elementare dei numeri, con particolare riguardo allo studio delle equazioni diofantee e le equazioni di congruenze. Fornire i prerequisiti per corsi più avanzati della teoria algebrica e analitica dei numeri.

Inglese

Acquire a good knowledge of the concepts and methods of the elementary number theory, with particular reference to the study of the Diophantine equations and congruence equations. Provide prerequisites for more advanced courses of algebraic and analytical number theory.

20410559 - TN520 – IRRAZIONALITÀ, TRASCENDENZA ED EQUAZIONI DIOFANTEE

Italiano

Acquisire buona conoscenza del metodo dei polinomi ausiliari e delle sue applicazioni a problemi di irrazionalità, trascendenza e allo studio di equazioni diofantee

Inglese

Acquire good knowledge of the method of auxiliary polynomials and of its applications to problems of irrationality, transcendence and to the study of diophantine equations.

20410376 - UCL-ULTERIORI CONOSCENZE LINGUISTICHE

Italiano

Approfondire la conoscenza di una tra le seguenti lingue straniere: francese, inglese, spagnolo, tedesco

Inglese

To deepen the knowledge of one of the following foreign languages: French, English, Spanish, German

DIDATTICA EROGATA 2021/2022

Scienze Computazionali (LM-40)

Dipartimento: MATEMATICA E FISICA

Codice CdS: 104653

INSEGNAMENTI

Primo semestre

20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA (- MAT/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA		
Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA		
Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA		

20410409 - AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE (- MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA		
Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO		
Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA		
Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO		
Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA		
Mutuato da: 20410409 AM310 - ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO		

20410635 - AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI (- MAT/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410635 AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 BESSI UGO		
Mutuato da: 20410635 AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 BESSI UGO		
Mutuato da: 20410635 AM410 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 BESSI UGO		

20410469 - AM430 - EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE (- MAT/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410469 AM430 - EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE in Matematica LM-40 PROCESI MICHELA		
Mutuato da: 20410469 AM430 - EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE in Matematica LM-40 PROCESI MICHELA		
Mutuato da: 20410469 AM430 - EQUAZIONI DIFFERENZIALI ORDINARIE in Matematica LM-40 PROCESI MICHELA		

20410413 - AN410 - ANALISI NUMERICA 1 (- MAT/08 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO		
Mutuato da: 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO		
Mutuato da: 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO		

20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI (- MAT/08 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
TERESI LUCIANO	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	120	
Mutuato da: 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	120	
Mutuato da: 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	120	

20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ (- MAT/06 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410414 CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ in Matematica L-35 CANDELLERO ELISABETTA	72	
Fruito da: 20410414 CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ in Matematica L-35 CANDELLERO ELISABETTA	72	
Fruito da: 20410414 CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ in Matematica L-35 CANDELLERO ELISABETTA	72	

20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A (- MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MEROLA FRANCESCA	60	Carico didattico	

20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO B (- MAT/02 - 3 CFU - 12 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MEROLA FRANCESCA	12	Carico didattico	

20410556 - CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI (- MAT/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410556 CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI in Matematica LM-40 DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE		
Mutuato da: 20410556 CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI in Matematica LM-40 DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE		
Mutuato da: 20410556 CP450 - METODI PROBABILISTICI E ALGORITMI ALEATORI in Matematica LM-40 DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE		

20410410 - FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA (- MAT/07 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA		
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA		
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA		

20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA (- MAT/07 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
Da assegnare	36	Bando	
Da assegnare	36	Bando	
TERESI LUCIANO	36	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	180	
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40		
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	180	
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40		
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	180	
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40		

20410437 - FS430- TEORIA DELLA RELATIVITÀ (- FIS/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 ARCADI GIORGIO	48	
Fruito da: 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 ARCADI GIORGIO	48	
Fruito da: 20402258 TEORIA DELLA RELATIVITA' in Fisica LM-17 ARCADI GIORGIO	48	

20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA (- FIS/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 LUBICZ VITTORIO	60	
Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 TARANTINO CECILIA	60	
Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 LUBICZ VITTORIO	60	
Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 TARANTINO CECILIA	60	
Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 LUBICZ VITTORIO	60	
Fruito da: 20410015 MECCANICA QUANTISTICA in Fisica L-30 TARANTINO CECILIA	60	

20410569 - FS480 - RETI NEURALI (- FIS/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410517 Reti Neurali in Fisica LM-17 Del Giudice Paolo	60	
Fruito da: 20410517 Reti Neurali in Fisica LM-17 Del Giudice Paolo	60	
Fruito da: 20410517 Reti Neurali in Fisica LM-17 Del Giudice Paolo	60	

20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO (- FIS/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FRANCESCHINI ROBERTO	40	Carico didattico	
BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	20	Carico didattico	

20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA (- INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PEDICINI MARCO	60	Carico didattico	

20410411 - GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE (- MAT/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 OTIMAN ALEXANDRA IULIA		
Mutuato da: 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO		
Mutuato da: 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 OTIMAN ALEXANDRA IULIA		
Mutuato da: 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO		
Mutuato da: 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 OTIMAN ALEXANDRA IULIA		
Mutuato da: 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO		

20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 (- MAT/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 CAPORASO LUCIA		
Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 CAPORASO LUCIA		
Mutuato da: 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 CAPORASO LUCIA		

20410560 - MODULO A - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON (- INF/01 - 3 CFU - 30 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CELIO PAOLA	30	Contratto	

20410560 - MODULO B - PROGRAMMAZIONE IN MATLAB (- INF/01 - 3 CFU - 30 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CACACE SIMONE	30	Carico didattico	

20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ (- MAT/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PEDICINI MARCO	72	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410417 IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO	72	

20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO (- INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAMISASCA GAIA	30	Affidamento di incarico retribuito	
CAMISASCA GAIA	18	Carico didattico	

20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE (- INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LOMBARDI FLAVIO	72	Esperto di alta qualificazione retribuito	

20410432 - IN550 - MACHINE LEARNING (- INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CASTIGLIONE FILIPPO	60	Esperto di alta qualificazione retribuito	

20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A (- MAT/01 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO		
Mutuato da: 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO		
Mutuato da: 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO		

20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B (- MAT/01 - 3 CFU - 24 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO		
Mutuato da: 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO		
Mutuato da: 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO		

20410555 - ST410-STATISTICA (- MAT/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE	120	
Mutuato da: 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE	120	
Mutuato da: 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE	120	

Secondo semestre

20410593 - AC310-ANALISI COMPLESSA (- MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410407 AC310-ANALISI COMPLESSA in Matematica L-35 VIVIANI FILIPPO	72	
Fruito da: 20410407 AC310-ANALISI COMPLESSA in Matematica L-35 VIVIANI FILIPPO	72	
Fruito da: 20410407 AC310-ANALISI COMPLESSA in Matematica L-35 VIVIANI FILIPPO	72	

20410408 - AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE (- MAT/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 PAPPALARDI FRANCESCO		
Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TOLLI FILIPPO		
Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 PAPPALARDI FRANCESCO		
Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TOLLI FILIPPO		
Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 PAPPALARDI FRANCESCO		
Mutuato da: 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TOLLI FILIPPO		

20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA (- MAT/02 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA		
Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA		
Mutuato da: 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA		

20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE (- MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO		
Mutuato da: 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO		
Mutuato da: 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO		

20410518 - AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI (- MAT/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: *Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche*

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410518 AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40		
Mutuato da: 20410518 AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE		
Mutuato da: 20410518 AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40		
Mutuato da: 20410518 AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE		
Mutuato da: 20410518 AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40		
Mutuato da: 20410518 AM420 - SPAZI DI SOBOLEV ED EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 HAUS EMANUELE		

20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2 (- MAT/08 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: *Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche*

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FERRETTI ROBERTO	72	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO	144	
Mutuato da: 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO	144	
Mutuato da: 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO	144	

20410428 - CR510 – CRITTOSISTEMI ELLITTICI (- MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: *Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati*

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
Da assegnare	60	Bando	
Da assegnare	60	Bando	

20410434 - FS450 - ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA (- FIS/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: *Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche*

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20401806 ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA in Fisica L-30 N0 RAIMONDI ROBERTO	60	
Fruito da: 20401806 ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA in Fisica L-30 N0 RAIMONDI ROBERTO	60	
Fruito da: 20401806 ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA in Fisica L-30 N0 RAIMONDI ROBERTO	60	

20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A (- MAT/07 - 3 CFU - 30 ore - ITA)

Curricula: *Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche*

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 GENTILE GUIDO	30	
Fruito da: 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 GENTILE GUIDO	30	
Fruito da: 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 GENTILE GUIDO	30	

20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B (- MAT/07 - 3 CFU - 30 ore - ITA)

Curricula: *Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche*

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 GENTILE GUIDO	30	
Fruito da: 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 GENTILE GUIDO	30	
Fruito da: 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 GENTILE GUIDO	30	

20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA (- MAT/07 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
Da assegnare	36	Bando	
Da assegnare	36	Bando	
TERESI LUCIANO	36	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	180	
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40		
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	180	
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40		
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	180	
Mutuato da: 20410470 FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA in Scienze Computazionali LM-40		

20410435 - FS440 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI (- FIS/04 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 RUGGIERI FEDERICO	60	
Fruito da: 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 RUGGIERI FEDERICO	60	
Fruito da: 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 RUGGIERI FEDERICO	60	

20410566 - FS470 - PRINCIPI DI ASTROFISICA (- FIS/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 LA FRANCA FABIO	60	
Fruito da: 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 MATT GIORGIO	60	
Fruito da: 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 LA FRANCA FABIO	60	
Fruito da: 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 MATT GIORGIO	60	
Fruito da: 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 LA FRANCA FABIO	60	
Fruito da: 20410499 Principi di Astrofisica in Fisica L-30 MATT GIORGIO	60	

20410571 - FS520 – RETI COMPLESSE (- FIS/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAMISASCA GAIA	30	Affidamento di incarico retribuito	
CAMISASCA GAIA	18	Carico didattico	

20410444 - GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA (- MAT/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410444 GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA in Matematica LM-40 TURCHET AMOS		
Mutuato da: 20410444 GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA in Matematica LM-40 TURCHET AMOS		

20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI (- MAT/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MASCARENHAS MELO ANA MARGARIDA	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410425 GE460 - TEORIA DEI GRAFI in Scienze Computazionali LM-40 MASCARENHAS MELO ANA MARGARIDA	60	

20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING (- MAT/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FERMI DAVIDE	36	Carico didattico	
TERESI LUCIANO	36	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410557 GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 FERMI DAVIDE	36	
Mutuato da: 20410557 GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	36	

20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE (- INF/01 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BONIFACI VINCENZO	72	Carico didattico	

20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA (- INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PEDICINI MARCO	60	Carico didattico	

20410455 - LM420 - TEOREMI SULLA LOGICA 2 (- MAT/01 - 6 CFU - 36 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20710122 TEOREMI SULLA LOGICA, 2 in Scienze filosofiche LM-78 TORTORA DE FALCO LORENZO	36	
Fruito da: 20710122 TEOREMI SULLA LOGICA, 2 in Scienze filosofiche LM-78 TORTORA DE FALCO LORENZO	36	
Fruito da: 20710122 TEOREMI SULLA LOGICA, 2 in Scienze filosofiche LM-78 TORTORA DE FALCO LORENZO	36	

20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA (- MAT/09 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BONIFACI VINCENZO	72	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 BONIFACI VINCENZO	144	
Mutuato da: 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 BONIFACI VINCENZO	144	
Mutuato da: 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 BONIFACI VINCENZO	144	

20410430 - IN520-SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI (- ING-INF/03 - 6 CFU - 42 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20801702-2 SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI in Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione LM-27 N0 CARLI MARCO	42	
Fruito da: 20801702-2 SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI in Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione LM-27 N0 CARLI MARCO	42	
Fruito da: 20801702-2 SICUREZZA DELLE TELECOMUNICAZIONI in Ingegneria delle tecnologie della comunicazione e dell'informazione LM-27 N0 CARLI MARCO	42	

20410613 - LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA (- MAT/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO		
Mutuato da: 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO		
Mutuato da: 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO		

20410529 - LM510 - TEORIE LOGICHE 1 (- MAT/01 - 6 CFU - 36 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20710091 TEORIE LOGICHE 1 - LM in Scienze filosofiche LM-78 MAIELI ROBERTO	36	
Fruito da: 20710091 TEORIE LOGICHE 1 - LM in Scienze filosofiche LM-78 MAIELI ROBERTO	36	
Fruito da: 20710091 TEORIE LOGICHE 1 - LM in Scienze filosofiche LM-78 MAIELI ROBERTO	36	

20410438 - MF410 - FINANZA COMPUTAZIONALE (- SECS-S/06 - 9 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 21201730 FINANZA COMPUTAZIONALE in Finanza e impresa LM-16 CESARONE FRANCESCO	60	
Fruito da: 21201730 FINANZA COMPUTAZIONALE in Finanza e impresa LM-16 CESARONE FRANCESCO	60	
Fruito da: 21201730 FINANZA COMPUTAZIONALE in Finanza e impresa LM-16 CESARONE FRANCESCO	60	

20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA (- MAT/07 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GIULIANI ALESSANDRO	72	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO	144	
Mutuato da: 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO	144	
Mutuato da: 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO	144	

20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI (- MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Analisi dei dati e statistica - Gestione e protezione dei dati - Modellistica fisica e simulazioni numeriche

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO		
Mutuato da: 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO		
Mutuato da: 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO		

INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA

Nominativo	Tot.Ore	Tipo incarico	Ore	Attività didattica
BONIFACI VINCENZO	144	Carico didattico	72	20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE
		Carico didattico	72	20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA
BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	20	Carico didattico	20	20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO
CACACE SIMONE	30	Carico didattico	30	20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB
CAMISASCA GAIA	132	Carico didattico	18	20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE
		Affidamento di incarico retribuito	30	20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE
		Carico didattico	18	20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE
		Affidamento di incarico retribuito	30	20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE
		Carico didattico	18	20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE
		Affidamento di incarico retribuito	30	20410571 - FS520 - RETI COMPLESSE
		Carico didattico	18	20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO
		Affidamento di incarico retribuito	30	20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO
		Carico didattico	18	20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO
		Affidamento di incarico retribuito	30	20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO
		Carico didattico	18	20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO
Affidamento di incarico retribuito	30	20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO		
CASTIGLIONE FILIPPO	60	Esperto di alta qualificazione retribuito	60	20410432 - IN550 - MACHINE LEARNING
CELIO PAOLA	30	Contratto	30	20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB
DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE	60	Carico didattico	60	20410555 - ST410-STATISTICA
FERMI DAVIDE	36	Carico didattico	36	20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING
FERRETTI ROBERTO	72	Carico didattico	72	20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2
FRANCESCHINI ROBERTO	40	Carico didattico	40	20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO
GIULIANI ALESSANDRO	72	Carico didattico	72	20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA
LOMBARDI FLAVIO	72	Esperto di alta qualificazione retribuito	72	20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE
MASCARENHAS MELO ANA MARGARIDA	60	Carico didattico	60	20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI
MEROLA FRANCESCA	72	Carico didattico	60	20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA
		Carico didattico	12	20410625 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA
PEDICINI MARCO	132	Carico didattico	72	20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ
		Carico didattico	60	20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA
TERESI LUCIANO	132	Carico didattico	60	20410421 - AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI
		Carico didattico	36	20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA
		Carico didattico	36	20410557 - GE530 - ALGEBRA LINEARE PER IL MACHINE LEARNING
DOCENTE NON DEFINITO	264	Bando	60	20410428 - CR510 - CRITTO SISTEMI ELLITTICI
		Bando	60	20410428 - CR510 - CRITTO SISTEMI ELLITTICI
		Bando	36	20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA
		Bando	36	20410470 - FM510 - APPLICAZIONI DELLA FISICA MATEMATICA
Totale ore	1428			

CONTENUTI DIDATTICI

20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ

Docente: CANDELLERO ELISABETTA

Italiano

Prerequisiti

E' preferibile che lo studente abbia compreso ed assimilato i contenuti principali dei corsi CP210, AM110, AM120, AM210, AM220, AM300/AM310. Non e' richiesto che tali esami siano stati verbalizzati, tuttavia nel corso verranno utilizzati strumenti introdotti in tali corsi.

Programma

Processo di ramificazione. Introduzione alle Sigma algebre, spazi misurabili, spazi di probabilita'. Costruzione della misura di Lebesgue. Pi-sistemi, Lemma di Dynkin, Lemma di unicita' della misura. Prime proprieta' della misura, limite inferiore e superiore di eventi. Funzioni misurabili. Variabili aleatorie. Lemmi di Borel-Cantelli. Legge e funzione di distribuzione di una variabile aleatoria. Indipendenza. Convergenza in probabilita' e convergenza quasi certa. Teorema di rappresentazione di Skorokhod. Legge 0-1 di Kolmogorov. Definizione generale di integrale e prime proprieta'. Teoremi di passaggio al limite sotto il segno di integrale. Valore atteso di una variabile aleatoria, fattorizzazione del valore atteso per variabili indipendenti. Disuguaglianze di Markov, Jensen, Hoelder. Spazi L^p . Teorema di Weierstrass con polinomi di Bernstein. Spazi di misura prodotto e misure prodotto. Teorema di Fubini. Leggi congiunte. Attesa condizionata e sue proprieta'. Martingale. Processi prevedibili. Tempi di arresto e processi arrestati. Teorema di optional stopping di Doob. Applicazioni alle passeggiate aleatorie. Teorema di convergenza per martingale limitate in L^1 e per martingale limitate in L^2 . Legge forte con momento secondo. Legge forte dei grandi numeri di Kolmogorov. Disuguaglianze di Doob per sub-martingale e applicazioni. Teorema di inversione. Trasformata di Fourier in L^1 e funzione caratteristica. Equivalenza tra convergenza in distribuzione e convergenza di funzioni caratteristiche. Teorema del limite centrale.

Testi

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

Bibliografia di riferimento

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

Modalità erogazione

Testi da definire

Modalità di valutazione

La prova scritta (in alternativa, le prove in itinere) consisteranno di soli esercizi. Per la prova orale si inizierà con domande relative agli eventuali errori commessi nello scritto e successivamente verranno richieste alcune delle dimostrazioni dei risultati fondamentali visti in classe.

English

Prerequisites

Students should have understood and be familiar with the main concepts introduced in the courses CP210, AM110, AM120, AM210, AM220, AM300/AM310. However, students are not required to have passed such exams to attend CP410.

Programme

Branching processes, introduction to Sigma-algebras, measure spaces and probability spaces. Construction of Lebesgue measure. Pi-systems, Dynkin's lemma. Properties of measures, sup and inf limits of events, measurable functions and random variables. Borel-Cantelli lemmas. Law and distribution of a random variable. Concept of independence. Convergence in probability and almost sure convergence. Skorokhod's representation theorem. Kolmogorov's 0-1 law. Integrals, their properties and related theorems. Expectation of random variables. Markov, Jensen and Hoelder's inequalities. L^p spaces. Weierstrass' Theorem. Product measures, Fubini's theorem and joint laws. Conditional expectation and its properties. Martingales, predictable processes. Stopping times and stopped processes. Optional stopping theorem, applications to random walks. Theorems about convergence of martingales. Strong law of large numbers. Doob's inequalities for martingales and sub-martingales, applications. Characteristic functions and inversion theorem. Fourier transform in L^1 . Equivalence between convergence in distribution and convergence of characteristic functions. Central limit theorem.

Reference books

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

Reference bibliography

D. Williams, Probability with martingales R. Durrett, Probability: Theory and examples

Study modes

-

Exam modes

-

20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA

(FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A)

Docente: GENTILE GUIDO

Italiano

Prerequisiti

Nessuno.

Programma

Sistemi dinamici lineari. Oscillatore armonico forzato con o senza attrito. Insieme limite e cicli limite. Sistemi planari. Sistemi gradiente. Teoremi di stabilità. Equazioni di Lotka-Volterra. Equazione di van der Pol. Modelli epidemiologici (SIR epidemico, SIR endemico e SEIR epidemico).

Testi

G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 1. Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni, disponibile online G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 2. Meccanica lagrangiana e hamiltoniana, disponibile online

Bibliografia di riferimento

V.I. Arnol'd, Metodi Matematici della Meccanica Classica. Editori Riuniti, (1979). G. Dell'Antonio, Elementi di Meccanica. Liguori Editore, (1996). A. Fasano & S. Marmi, Meccanica analitica. Bollati Boringhieri, (1994). G. Gallavotti, Meccanica Elementare. Bollati-Boringhieri, (1980). L.D. Landau & E.M. Lifshitz, Meccanica. Editori Riuniti, (1976).

Modalità erogazione

Lezioni frontali. [Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti.]

Modalità di valutazione

L'esame consiste in un colloquio orale in cui lo studente dovrà discutere gli argomenti trattati a lezione, con riferimento ai testi utilizzati e/o alle note distribuite a lezione. [Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti.]

English

Prerequisites

None.

Programme

Linear dynamic systems. Forced harmonic oscillation in the presence or absence of dissipation. Limit sets and limit cycles. Planar systems. Gradient systems. Stability theorems. Lotka-Volterra equations. Van der pol equation. Epidemiologic models (epidemic SIR, endemic SIR and endemic SEIR).

Reference books

G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 1. Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni, available online G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 2. Meccanica lagrangiana e hamiltoniana, available online

Reference bibliography

V.I. Arnol'd, Mathematical Methods of Classical Mechanics, Springer (1989). A. Fasano & S. Marmi, Analytical Mechanics, Oxford University Press (2006). G. Gallavotti, The Elements of Mechanics, Springer (1983). L.D. Landau & E.M. Lifshitz, Mechanics, Pergamon Press (1960).

Study modes

-

Exam modes

-

20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA

(FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B)

Docente: GENTILE GUIDO

Italiano

Prerequisiti

Nessuno.

Programma

Angoli di Eulero. Equazioni di Eulero per la dinamica del corpo rigido. Integrabilità del corpo rigido con un punto non sottoposto a forze. Trottola di Lagrange. Teorema della scatola di flusso. Teorema di Noether nel caso di più simmetrie. Teoria delle piccole oscillazioni. Teoria delle perturbazioni. Equazione omologica. Sistemi isocroni e anisocroni. Serie di Birkhoff. Teoria perturbativa a tutti gli ordini per sistemi isocroni e teorema di Nechorošev.

Testi

G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 1. Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni, disponibile online G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 2. Meccanica lagrangiana e hamiltoniana, disponibile online

Bibliografia di riferimento

V.I. Arnol'd, Metodi Matematici della Meccanica Classica. Editori Riuniti, (1979). G. Dell'Antonio, Elementi di Meccanica. Liguori Editore, (1996). A. Fasano & S. Marmi, Meccanica analitica. Bollati Boringhieri, (1994). G. Gallavotti, Meccanica Elementare. Bollati-Boringhieri, (1980). L.D. Landau & E.M. Lifshitz, Meccanica. Editori Riuniti, (1976).

Modalità erogazione

Lezioni frontali. [Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti.]

Modalità di valutazione

L'esame consiste in un colloquio orale in cui lo studente dovrà discutere gli argomenti trattati a lezione, con riferimento ai testi utilizzati e/o alle note distribuite a lezione. [Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti.]

English

Prerequisites

None.

Programme

Euler's angles. Euler's equation for the dynamics of the rigid body. Spinning top of Lagrange. Flow box theorem. Noether's theorem in the case of more groups of symmetries. Theory of small oscillations. Perturbation theory. Homological equation. Isochronous and anisochronous systems. Birkhoff series. All-order perturbation theory for isochronous systems and Nekhoroshev's theorem.

Reference books

G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 1. Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni, available online
G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici. 2. Meccanica lagrangiana e hamiltoniana, available online

Reference bibliography

V.I. Arnol'd, Mathematical Methods of Classical Mechanics, Springer (1989). A. Fasano & S. Marmi, Analytical Mechanics, Oxford University Press (2006). G. Gallavotti, The Elements of Mechanics, Springer (1983). L.D. Landau & E.M. Lifshitz, Mechanics, Pergamon Press (1960).

Study modes

-

Exam modes

-

20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA

Docente: LUBICZ VITTORIO

Italiano

Prerequisiti

Non sono previsti insegnamenti propedeutici a questo corso. È consigliata una conoscenza della fisica generale classica e delle basi del formalismo Hamiltoniano.

Programma

Meccanica quantistica: Crisi della fisica classica. Onde e particelle. Vettori di stato ed operatori. Misure ed osservabili. Operatore di posizione. Traslazioni e impulso. Evoluzione temporale ed equazione di schrodinger. Parità. Problemi unidimensionali. Oscillatore armonico. Simmetrie e leggi di conservazione. Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo. Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo.

Testi

Dispense disponibili sul sito del corso J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Seconda Edizione [Zanichelli, Bologna, 2014]

Bibliografia di riferimento

R.P. Feynman et al. - La Fisica di Feynman, Volume III - Masson L. Landau e E. Lifschitz - Meccanica Quantistica - Editori Riuniti S. Gasiorowicz - Quantum Physics - J.Wiley & Sons

Modalità erogazione

Il corso consiste in lezioni teoriche frontali, svolte dal docente titolare del corso, ed esercitazioni, svolte in parte dal docente titolare e in parte da un altro docente. Sia le lezioni che le esercitazioni vengono svolte in classe e alla lavagna.

Modalità di valutazione

L'esame consiste in una prova scritta, che prevede la risoluzione di uno o più esercizi, e di una prova orale. Lo svolgimento della prova scritta è facoltativo. I compiti scritti di esame e quelli delle prove in itinere degli anni precedenti sono disponibili sul sito del corso.

English

Prerequisites

No preparatory courses are planned for this course. A knowledge of classical general physics and of the basics of the Hamiltonian

formalism is recommended.

Programme

Quantum mechanics: The crisis of classical physics. Waves and particles. State vectors and operators. Measurements and observables. The position operator. Translations and momentum. Time evolution and the schrodinger equation. Parity. One-dimensional problems. Harmonic oscillator. Symmetries and conservation laws. Time independent perturbation theory. Time dependent perturbation theory.

Reference books

Lecture notes available on the course website J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Seconda Edizione [Zanichelli, Bologna, 2014] An english version of the book is also available: Sakurai J.J., Modern Quantum Mechanics (Revised Edition) [Addison-Wesley, 1994]

Reference bibliography

R.P. Feynman et al. - The Feynman Lectures on Physics, Volume III - Addison Wesley Also in "The Feynman Lectures on Physics on line" - feynmanlectures.caltech.edu - Caltech L. Landau e E. Lifschitz - Quantum Mechanics: Non-Relativistic Theory - Elsevier Butterworth-Heinemann S. Gasiorowicz - Quantum Physics - J.Wiley & Sons

Study modes

-

Exam modes

-

20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA

Docente: TARANTINO CECILIA

Italiano

Prerequisiti

Non sono previsti insegnamenti propedeutici a questo corso. È consigliata una conoscenza della fisica generale classica e delle basi del formalismo Hamiltoniano.

Programma

Meccanica quantistica: Crisi della fisica classica. Onde e particelle. Vettori di stato ed operatori. Misure ed osservabili. Operatore di posizione. Traslazioni e impulso. Evoluzione temporale ed equazione di schrodinger. Parità. Problemi unidimensionali. Oscillatore armonico. Simmetrie e leggi di conservazione. Teoria delle perturbazioni indipendenti dal tempo. Teoria delle perturbazioni dipendenti dal tempo. Rotazioni e momento angolare. Momento angolare orbitale. Spin. Composizione di momenti angolari. Particelle identiche. Atomo di idrogeno.

Testi

Dispense disponibili sul sito del corso J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Seconda Edizione [Zanichelli, Bologna, 2014]

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso consiste in lezioni frontali ed esercitazioni.

Modalità di valutazione

L'esame consiste in una prova scritta, che prevede la risoluzione di uno o più esercizi, e di una prova orale, a cui si accede dopo il superamento della prova scritta. Tutti i compiti scritti di esame e quelli delle prove in itinere degli anni precedenti sono disponibili sul sito del corso.

English

Prerequisites

No preparatory courses are planned for this course. A knowledge of classical general physics and of the basics of the Hamiltonian formalism is recommended.

Programme

Quantum mechanics: The crisis of classical physics. Waves and particles. State vectors and operators. Measurements and observables. The position operator. Translations and momentum. Time evolution and the schrodinger equation. Parity. One-dimensional problems. Harmonic oscillator. Symmetries and conservation laws. Time independent perturbation theory. Time dependent perturbation theory. Rotations and angular momentum. Orbital angular momentum. Spin. Angular momentum composition. Identical particles. The hydrogen atom.

Reference books

Lecture notes available on the course website J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Seconda Edizione [Zanichelli, Bologna, 2014] An english version of the book is also available: Sakurai J.J., Modern Quantum Mechanics (Revised Edition) [Addison-Wesley, 1994]

Reference bibliography

Study modes

-

Exam modes

-

20410435 - FS440 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI

Docente: RUGGIERI FEDERICO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Lo scopo del corso è fornire allo studente gli elementi cognitivi generali che sottendono alla realizzazione di sistemi di acquisizione, controllo e monitoraggio degli esperimenti di Fisica Nucleare e Subnucleare. Il corso è articolato sui seguenti argomenti: - Introduzione ai sistemi di DAQ - Parallelismo e Pipelining - Derandomizzazione - DAQ e Trigger - Trasmissione Dati - Front End Electronics - Trigger - Architettura Sistemi di Calcolo - Sistemi Real Time - Real Time Operating Systems - Linguaggio C - Protocolli di Rete TCP/IP - Architetture DAQ - Event Building - VME Bus - Run Control - Farming - Archiviazione Dati Durante il corso si svolgeranno delle esercitazioni in Laboratorio con la esecuzione di semplici esempi di: - sistemi di lettura e trasferimento dati tramite meccanismi di pipe con processi concorrenti; - programmi di simulazione di trigger basati su segnali; - programma di Run Control per attivazione e terminazione di processi; - configurazione e lettura di dati da scheda su bus VME

Testi

Dispense preparate dal docente sulla base delle slide presentate a lezione, disponibili sul sito Moodle predisposto dall'Ateneo: <https://matematicafisica.el.uniroma3.it>

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni si svolgono in modalità tradizionale, in aula, spesso con l'ausilio di proiezioni di slides per la gestione dei dati. A seguito dell'emergenza COVID19 le lezioni saranno svolte in modalità remota attraverso sistemi di videoconferenza e di attività collaborativa. Il Materiale Didattico è disponibile sul server Moodle predisposto dall'Ateneo per Matematica e Fisica: <https://matematicafisica.el.uniroma3.it>

Modalità di valutazione

L'esame prevede unicamente una prova orale in cui si chiede allo studente un primo argomento a piacere e poi si verifica la conoscenza generale dei vari argomenti affrontati a lezione.

English

Prerequisites

none

Programme

The course aim is to provide the student with the general cognitive elements underlying the acquisition, control and monitoring systems of Nuclear and Subnuclear Physics experiments. The course is divided into the following topics: -Introduction to DAQ-Parallelism and Pipelining systems -Derandomization-DAQ and Trigger-Data Transmission -Front End Electronics-Trigger-Architecture Computing Systems-Real Time Systems-Real Time Operating Systems -C Language-TCP / IP Network Protocols-DAQ-Architecture Building -VME Bus-Run Control-Farming-Data Archiving During the course, laboratory exercises will take place with the execution of simple examples of: - reading and data transfer systems through pipe mechanisms with concurrent processes; - signal-based trigger simulation programs; - Run Control program for activation and termination of processes; - configuration and reading of data from board on VME bus.

Reference books

Lecture notes prepared by the teacher on the basis of the slides presented and available on the Moodle server: <https://matematicafisica.el.uniroma3.it>

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410566 - FS470 - PRINCIPI DI ASTROFISICA

Docente: LA FRANCA FABIO

Italiano

Prerequisiti

Programma

Argomenti Parte A • Coordinate e Telescopi • Elementi di Spettroscopia • Stelle ed Evoluzione Stellare • Galassie • Nuclei Galattici Attivi
Programma A - Panoramica generale - Coordinate celesti (1.3) - Telescopi e potere risolutivo (6.1) - Distanza di parallasse (3.1) - Flusso, luminosità, magnitudini apparenti ed assolute, colori (3.2, 3.3, 3.6) - Il corpo nero (3.4, 3.5) - Diagramma di Hertzsprung-Russel (8.2) - Ammassi aperti e globulari: posizione, popolazioni stellari e diagramma HR (13.3) - Nane bianche, Novae e SuperNovae (cenni in 15 e 16) - La classificazione delle galassie (24.1) - La curva di rotazione delle galassie e la materia oscura (25.3) - Il centro della Galassia ed il suo Black Hole (25.4) - Legge di Hubble ed espansione dell'Universo (27.2) - Probabilità di collisione tra stelle e tra galassie (dispense) - Buchi Neri: cenni di Relatività Generale (cenni nel 17) - Nuclei Galattici Attivi (28.1, 28.2, 28.3) Argomenti Parte B • Struttura ed evoluzione stellare • Elementi di Spettroscopia • Distanze ed espansione dell'Universo • Galassie • GRB e onde gravitazionali
Programma B - Dischi di Accrescimento ed emissione X nei Nuclei Galattici Attivi (28.2) - Stelle di Neutroni e Pulsars (cenni in 16.6, 16.7) - Gamma Ray Bursts (dispense) - Onde Gravitazionali (dispense) - Spettroscopia: eq. di Boltzmann-eccitazione e di Saha-ionizzazione (8.1) - Spettroscopia: misure di velocità, temperatura e densità (8.5) - Eq. di struttura delle stelle, tempo e instabilità di Kelvin-Helmholtz (11.1-4) - Le reazioni nucleari dell'idrogeno (11.3) - Massa di Jeans del collasso gravitazionale, tempo di free-fall e Initial Mass Function (12.2, 12.3) - La Via Lattea (25.1, 25.2) - La metallicità (25.2) - Transito di Venere e misura della distanza Terra-Sole (dispense) - Scala delle distanze (27.1) - Legge di Hubble, espansione dell'Universo (27.2) - Gruppo Locale, Ammassi di Galassie, Struttura su Larga Scala dell'Universo (27.3) - Il Big Bang e la radiazione di fondo (breve cenni in 29.2 e dispense) Fra parentesi i paragrafi da "An Introduction to Modern Astrophysics II ed. - B.W. Carrol, D.A. Ostlie - Ed. Pearson, Addison Wesley" (copie delle edizioni precedenti sono disponibili in biblioteca). La trattazione nel corso è stata semplificata rispetto a quanto riportato nel testo).
Testo alternativo in italiano: Attilio Ferrari, Stelle, Galassie, Universo - Fondamenti di Astrofisica - Ed. Springer

Testi

La copia delle dispense lezioni può essere scaricata dal sito web del corso. Fra parentesi i paragrafi da "An Introduction to Modern Astrophysics, II ed. - B.W. Carrol, D.A. Ostlie - Ed. Pearson, Addison Wesley" (copie disponibili in biblioteca). La trattazione nel corso è stata semplificata rispetto a quanto riportato nel testo. Testo alternativo in italiano: Attilio Ferrari, Stelle, Galassie, Universo - Fondamenti di Astrofisica - Ed. Springer

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

lezioni tradizionali in aula

Modalità di valutazione

Modalità di esame: presentare oralmente un argomento a piacere e rispondere ad alcune domande sul resto del programma. Le domande tipiche consisteranno nel chiedere di esporre una delle altre tematiche elencate nel programma.

English

Prerequisites

Programme

Topics Part A • Coordinates and Telescopes • Elements of Spectroscopy • Stars and Stellar Evolution • Galaxies • Active Galactic Nuclei
Program Part A • Overview • Celestial coordinates (1.3) • Telescopes and resolving power (6.1) • Parallax distance (3.1) • Flux, brightness, apparent and absolute magnitudes, colors (3.2, 3.3, 3.6) • The black body (3.4, 3.5) • Hertzsprung-Russel diagram (8.2) • Open and globular clusters: position, stellar populations and HR diagram (13.3) • White dwarfs, Novae and SuperNovae (notes and partly in 15 and 16) • The classification of galaxies (24.1) • The rotation curve of galaxies and dark matter (25.3) • The center of the Galaxy and its Black Hole (25.4) • Hubble's law and expansion of the Universe (27.2) • Probability of collision between stars and galaxies (handouts) • Black Holes: outline of General Relativity (outline 17) • Active Galactic Nuclei (28.1, 28.2, 28.3) Topics Part B • Structure and stellar evolution • Elements of Spectroscopy • Distances and expansion of the Universe • Galaxies • GRB and gravitational waves
Program Part B • Accretion disks and X-ray emission in Active Galactic Nuclei (28.2) • Stars of Neutrons and Pulsars (16.6, 16.7) • Gamma Ray Bursts (handouts) • Gravitational Waves (lecture notes) • Spectroscopy: eq. Boltzmann-excitation and Saha-ionization (8.1) • Spectroscopy: speed, temperature and density measurements (handouts) • Eq. of star structure, time and Kelvin-Helmholtz instability (11.1-4) • Nuclear reactions of hydrogen (11.3) • Jeans mass of gravitational collapse, free-fall time and Initial Mass Function (12.2, 12.3) • The Milky Way and the local group (25.1, 25.2) • Metallicity (25.2) • Transit of Venus and measurement of the Earth-Sun distance (handouts) • Distance scale (27.1) • Hubble's law and expansion of the Universe (27.2) • Local Group, Clusters of Galaxies, large scale structure of the Universe (27.3) • The Big Bang and the background radiation (29.2 brief notes and lecture notes)

Reference books

A copy of the lecture notes can be downloaded from the course website. In brackets, the paragraphs from "An Introduction to Modern Astrophysics, II ed. - B.W. Carrol, D.A. Ostlie - Ed. Pearson, Addison Wesley" (copies available in the library). The discussion in the course has been simplified compared to what is reported in the text. Alternative text in Italian: Attilio Ferrari, Stars, Galaxies, Universe - Fundamentals of Astrophysics - Ed. Springer

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410429 - FS510 - METODO MONTECARLO

Docente: FRANCESCHINI ROBERTO

Italiano

Prerequisiti

Non e' obbligatorio ma e' fortemente consigliato essere a proprio agio nella programmazione. Possibilmente Python o Wolfram Mathematica.

Programma

Presentazione dei problemi che di solito sono formulati come integrali su un grande numero di variabili Elemento di base Probabilità e variabili random Misure, incertezze e loro propagazione Fit di una curva, minimi quadrati, ottimizzazione Integrazione numerica classica, velocità di convergenza Integrazione MC, media e varianza Strategie di campionamento Applicazioni Propagazione delle incertezze Generazione di dati secondo una distribuzione Applicazioni nel mondo reale Sciami di raggi cosmici Disponibilità di un sistema Ulteriori applicazioni

Testi

Weinzierl, S. - Introduction to Monte Carlo methods arXiv:hep-ph/0006269 Taylor, J. - Introduzione all'analisi degli errori : lo studio delle incertezze nelle misure fisiche - Zanichelli Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre Dubi, A. - Monte Carlo applications in systems engineering - Wiley Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali (circa 24 ore) ed Esercitazioni di Laboratorio (circa 36 ore). Nel corso delle Esercitazioni di Laboratorio ogni studente avra' a disposizione un Computer. I diversi temi discussi a lezione saranno oggetto delle Esercitazioni di Laboratorio, utilizzando Mathematica, Python o C++.

Modalità di valutazione

Esame scritto e orale. Scritto: realizzazione di un programma per computer. L'esame scritto consistera' di due parti. La prima parte e' volta a verificare la conoscenza specifica dei metodi esposti a lezione. Nella seconda parte si richiedera' di applicare tali metodi in un contesto piu' ampio. Orale: discussione di una tesina su argomento a scelta dello studente tra una rosa di proposte. La preparazione della tesina richiede lo studio in autonomia di alcuni capitoli di un libro.

English

Prerequisites

A practice of programming is not strictly mandatory but it is however strongly recommended. Preferably Python or Wolfram Mathematica.

Programme

Presentation of the problems that can be treated through integrals on large number of dimensions Basics Probability and Random variables Measurement, uncertainty and its propagation Curve-fitting, least-squares, optimization Classical numerical integration, speed of convergence Integration MC (Mean, variance) Sampling Strategies Applications Propagation of uncertainties Generation according to a distribution Real World Applications Cosmic Rays Shower System Availability Further applications

Reference books

Weinzierl, S. - Introduction to Monte Carlo methods arXiv:hep-ph/0006269 Taylor, J. - Introduzione all'analisi degli errori : lo studio delle incertezze nelle misure fisiche - Zanichelli Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre Dubi, A. - Monte Carlo applications in systems engineering - Wiley Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410425 - GE460 - TEORIA DEI GRAFI

Docente: MASCARENHAS MELO ANA MARGARIDA

Italiano

Prerequisiti

Algebra linear e Algebra; Geometria (AL110, GE110).

Programma

Grafi: definizioni basiche. Grafi semplici o no, planarita', connettivita', grado, regolarita', matrici di incidenza e di adiacenza. Esempi di famiglie di grafi. Il "handshaking lemma". Grafi ottenuti a partire da altri: complemento, sottografo, cancellazione e contrazione.

Isomorfismi e automorfismi di grafi. Connettività: cammini, cicli. Un grafo è bipartito se e soltanto se ogni ciclo ha lunghezza pari. Connettività e componente connesse. Connettività per lati e per vertici. Grafi Euleriani e semi-Euleriani. Teorema di Euler: un grafo connesso è Euleriano se e soltanto se ogni vertice ha grado pari. Grafi Hamiltoniani. Condizioni sufficienti per garantire che un grafo è Hamiltoniano: i teoremi di Ore e di Dirac. Dimostrazione del teorema di Ore. Alberi e foreste. Il numero cicломatico e il "cutset" rank di un grafo. Sistema fondamentali di cicli e di tagli associati a una foresta generante. Enumerazione di foreste generanti. Il teorema di Cayley. Alberi generanti: l'algoritmo "greedy" per il "connector problem". Grafi planari. $K_{3,3}$ e K_5 non sono planari. Enunciato del teorema di Kuratovski e variazioni. Formula di Euler per grafi planari. Il duale di un grafo planare. Corrispondenza tra cicli e tagli per grafi planari e il loro duale. Duale astratto. Un grafo che ammette un duale astratto è planare. Coloramenti: considerazioni iniziali e alcune proprietà. Coloramenti: il teorema dei 5 colori. Grafi su superfici: classificazione delle superficie topologiche. Coloramenti di facce e dualità tra questo problema e il coloramento di vertici. Riduzione della dimostrazione del teorema dei 4 colori ai coloramenti di facce di grafi cubici. "The marriage problem": il teorema di Hall. Teorema di Hall nel linguaggio dei trasversali. Criteri di esistenza di trasversali e trasversali parziali. Applicazione alla costruzione di quadrati latini. Grafi diretti: nozione basiliche e orientabilità. Il teorema di Max-Flow Min-Cut e il Teorema di Menger. Complessità di algoritmi e applicazioni a Teoria dei Grafi. Introduzione alla teoria dei matroidi: definizioni usando basi e elementi indipendenti. Matroidi grafici e cografici, matroidi vettoriali e il problema della rappresentabilità. Definizione di matroide utilizzando i cicli e la funzione rango. Minori di un matroide. Matroidi trasversali e il Teorema di Rado per i matroidi. Unione di matroidi e applicazioni: esistenza di basi disgiunte in un matroide. Dualità per matroidi e applicazioni ai matroidi grafici e cografici. Matroidi planari e la generalizzazione del teorema di Kuratovski per matroidi. Elementi di teoria algebrica dei grafi: la matrice di incidenza e la matrice laplaciana di un grafo orientato. Lo spazio dei vertici e lo spazio dei lati di un grafo. Sottospazio dei cicli e sottospazio dei tagli di un grafo orientato definito della matrice di incidenza. Basi per lo spazio dei cicli e per lo spazio dei tagli di un grafo. Il teorema di Riemann-Roch per grafi. Dimostrazione del "Matrix Tree theorem generalizzato". L'algoritmo di contrazione/restrizione per matroidi. Esempi. Il numero di orientazioni acicliche di un grafo. Ancora polinomi per grafi: il polinomio cromatico, il polinomio di "reliability". Esempi. Il polinomio rango (o di Tutte) di un matroide. Proprietà e prime applicazioni. Dimostrazione del teorema di struttura per funzioni sui matroidi che soddisfano proprietà di contrazione/restrizione. La loro scrittura attraverso il polinomio rango. Mosse di Whitey e due isomorfismo per grafi. Isomorfismo tra matroidi grafici implica isomorfismo tra grafi nel caso in cui i grafi siano 3 connessi. Il Teorema di Whitney per matroidi grafici: sketch della dimostrazione. Caratterizzazione per minori esclusi da matroidi binari e regolari. Il teorema di Seymour.

Testi

R. Diestel: Graph theory, Springer GTM 173. R. Wilson: Introduction to Graph theory, Prentice Hall. B. Bollobas: Modern Graph theory, Springer GTM 184. J. A. Bondy, U.S.R. Murty: Graph theory, Springer GTM 244. N. Biggs: Algebraic graph theory, Cambridge University Press. C. D. Godsil, G. Royle: Algebraic Graph theory, Springer GTM 207. J. G. Oxley: Matroid theory. Oxford graduate texts in mathematics, 3.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni a distanza con utilizzo di lavagna digitale

Modalità di valutazione

Consegna di esercizi proposti e realizzazione di un seminario aggiuntivo oppure esame scritto finale

English

Prerequisites

Basic abstract and linear algebra; basic geometry (AL110, GE110).

Programme

Graphs: basic definitions. Simple and non simple graphs, planarity, connectivity, degree, regularity, incidence and adjacency matrices. Examples of families of graphs. The "handshaking lemma". Graphs obtained from others: complement, subgraph, cancellation and contraction. Isomorphisms and automorphisms of graphs. Connectivity: paths, cycles. A graph is bipartite if and only if each cycle has equal length. Connectivity and connected component. Connectivity for sides and vertices. Eulerian and semi-Eulerian graphs. Euler's theorem: a connected graph is Eulerian if and only if every vertex has an even degree. Hamiltonian graphs. Sufficient conditions to guarantee that a graph is Hamiltonian: the theorems of Ore and Dirac. the Ore theorem. Trees and forests. The cyclomatic number and the "cutset" rank of a graph. Fundamental system of cycles and cuts associated with a generating forest. Enumeration of generating forests. The Cayley theorem. Generating trees: the "greedy" algorithm for the "connector problem". Planar graphs. $K_{3,3}$ and K_5 are not planar. Statement of the theorem of Kuratovski and variations. Euler's formula for planar graphs. The dual of a planar graph. Correspondence between cycles and cuts for planar graphs and their dual. Dual abstract. A graph that admits a dual abstract is planar. Colorings: initial considerations and some properties. Colorings: the 5 colors theorem. Graphs on surfaces: classification of topological surfaces. Coloring of faces and duality between this problem and the coloring of vertices. Reduction of the proof of the 4-color theorem to the coloring of cubic graph faces. "The marriage problem": Hall's theorem. Hall's theorem in the language of transversals. Criteria of existence of transversal and partial transversalities. Application to the construction of Latin squares. Direct graphs: basic notions and orientability. The Max-Flow Min-Cut theorem and Menger's theorem. Complexity of algorithms and applications to the theory of graphs. Introduction to the theory of matroids: definitions using bases and independent elements. Graphical and cographic matroids, vector matroids and the problem of representability. Definition of matroid using the cycles and the rank function. Minors of a matroid. Transverse matroids and the Rado Theorem for matroids. Union of matroids and applications: existence of disjoint bases in a matroid. Duality for matroids and applications to graphic and cographic matroids. Planar matroids and the generalization of Kuratovski's theorem for matroids. Elements of algebraic graph theory: the incidence matrix and the Laplacian matrix of an oriented graph. The vertex space and the space of edges of a graph. Subspaces of the cycles and subspace of the cuts of a defined oriented graph of the incidence matrix. Basis for the space of the cycles and for the space of the cuts of a graph. The Riemann-Roch theorem for graphs. Proof of the "generalized Matrix Tree theorem". The contraction / restriction algorithm for matroids. Examples. The number of acyclical orientations of a graph. Graph polynomials: the chromatic polynomial, the "reliability" polynomial. Examples. The polynomial rank of a matroid. Properties and first applications. Proof of the structure theorem for functions on matroids that satisfy contraction/restriction properties. Their incarnation through the polynomial rank. Whitey's moves and two isomorphisms for graphs. Isomorphism between graphical matroids implies isomorphism between graphs in case the graphs are 3 connected. Whitney's Theorem for graphic matroids: sketch of the demonstration. Characterization for minors excluded from binary and regular matroids. The theorem of Seymour.

Reference books

R. Diestel: Graph theory, Springer GTM 173. R. Wilson: Introduction to Graph theory, Prentice Hall. B. Bollobas: Modern Graph theory, Springer GTM 184. J. A. Bondy, U.S.R. Murty: Graph theory, Springer GTM 244. N. Biggs: Algebraic graph theory, Cambridge University Press. C. D. Godsil, G. Royle: Algebraic Graph theory, Springer GTM 207. J. G. Oxley: Matroid theory. Oxford graduate texts in mathematics, 3.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB

(MODULO B - PROGRAMMAZIONE IN MATLAB)

Docente: CACACE SIMONE

Italiano

Prerequisiti

Nessuno

Programma

Il desktop Matlab, command window, workspace, current folder, command history, documentazione di aiuto, organizzazione delle finestre, preferenze. Gestione del workspace, caricare/salvare variabili da/su file .mat. Editor di Array, editing manuale di variabili. Editor di Script, comandi basilari per aprire/salvare/modificare file script con estensione .m. Stringhe, scalari, funzioni matematiche, costanti, vettori, matrici. Formato di display, assegnazione variabili, operazioni aritmetiche, concatenazione, trasposizione, lunghezza vettori, dimensioni matrici. Operazioni elemento a elemento, accesso/modifica/cancellazione di elementi e blocchi di elementi. Matrici utili. Operatori relazionali, operatori logici, richieste logiche su vettori e matrici. Istruzioni per il controllo di flusso. Istruzioni per i loop, controllo dei loop. Funzioni anonime, funzioni primarie, variabili globali. Oggetti grafici, gerarchia tipi e handles. Leggere/scrivere proprietà di oggetti, trovare oggetti tramite valori di proprietà, copiare/cancellare oggetti. Oggetti Figure, oggetti Axes, oggetti Line. Colori, rappresentazione RGB. Disegno di punti e grafici nel piano, disegno di linee multiple tramite matrici, stili di linea, colori, markers, disegno di curve parametriche. Misurazione del tempo, calcoli in tempo reale. Disegno di punti e curve parametriche nello spazio, impostazione della visuale tramite azimuth ed elevazione. Proprietà aggiuntive degli oggetti Axes, oggetti Text, matrici di Axes. Generazione di griglie cartesiane da vettori, disegno di grafici di funzioni di due variabili. Mappe di colore e luci. Disegno di superfici parametriche nello spazio, ombreggiatura e illuminazione. Immagini. Disegno di curve di livello di funzioni e poligoni. Disegno di campi vettoriali in 2d e 3d. Introduzione alle Interfacce Utente, tipi di uicontrol e proprietà. Comportamento degli uicontrols tramite funzioni di callback personalizzate. Interazione tra uicontrols usando variabili globali o tramite annidamento in una funzione contenitore con un workspace comune.

Testi

Appunti delle lezioni

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

corso di insegnamento frontale

Modalità di valutazione

Discussione e valutazione di un progetto Matlab

English

Prerequisites

None

Programme

Matlab desktop, command window, workspace, current folder, command history, help documentation, window layouts, preferences. Manage workspace, load/save variables from/to .mat files. Array editor, manual editing of variables. Script editor, basic commands to open/save/modify .m script files. Strings, scalars, mathematical functions, constants, vectors, matrices. Display format, assignment, arithmetic operations, concatenation, transposition, length, size. Element-wise operations, access/modify/delete elements and blocks of elements. Useful matrices. Relational operators, logic operators, logic queries on vectors and matrices. Control flow statements. Loop statements, loop control. Anonymous functions, primary functions, global variables. Matlab Graphics, object hierarchy, parent, children, type, handles. Read/write object properties, find objects by property value, copy/delete objects. Figure objects, Axes objects, Line objects. Colors, RGB representation. Plotting points and graphs in the plane, plot of multiple lines using matrices, line styles, colors, markers, plot of parametric curves. Measure time, real-time computations. Plot of points and parametric curves in the space, setting azimuth and elevation (view). Additional features of axes objects, text objects, axes matrices. Generation of Cartesian grids from vectors, plot of graphs for functions of two variables. Color maps and lights. Plot of parametric surfaces in the space, shading and lighting. Images. Drawing level-sets of functions and polygons. Plot of vector fields in 2d and 3d. Introduction to User Interfaces, uicontrol styles and properties. Behavior of uicontrols via custom callback functions. Interaction between uicontrols using global variables or nesting objects in a container function with a common workspace.

Reference books

Lecture Notes

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410417 - IN410-CALCOLABILITÀ E COMPLESSITÀ

Docente: PEDICINI MARCO

Italiano

Prerequisiti

Non ci sono prerequisiti.

Programma

1) Computabilità, complessità e rappresentabilità: - Introduzione ai problemi di decisione, procedure algoritmiche e non algoritmiche, computazioni deterministiche, procedure discrete, nozione di alfabeto, di parola. Decidibilità e semidecidibilità di un insieme. Computazioni deterministiche, finitarie e discrete. Algoritmi formali: definizione formale di algoritmo, configurazioni di input, di output, funzione di transizione. Esempio di formalizzazione di un algoritmo. Decidibilità per automa finito. Rappresentazione degli automi mediante matrici. Monoide libero delle parole. Semianelli formali. Automi Finiti Non-deterministici. Linguaggi Regolari. Equivalenza tra automi deterministici e quelli non-deterministici. - Macchine di Turing: definizione, decidibilità per macchina di Turing, tempo di arresto, spazio di arresto. Costo della computazione. Complessità: caso peggiore e caso medio. Indipendenza del tempo di decisione da un numero finito di configurazioni di input. Funzioni di complessità, classi di complessità DTIME e DSPACE (deterministic time e space). Inclusione $DTIME(T(n)) \# DSPACE(T(n)) \# DTIME(2^{cT(n)})$. Pumping Lemma per gli insiemi decidibili in tempo lineare. Simulazione di algoritmi, simulazione della macchina di Turing a seminastrò, simulazione di una macchina multinastro. Macchine di Turing speciali. Teorema di Speedup lineare per macchine di Turing con alfabeto esteso. Valutazione del coefficiente di accelerazione in relazione agli alfabeti. Decidibilità di insiemi di numeri naturali. Indipendenza dalla rappresentazione. Considerazioni sulla complessità. - Turing calcolabilità: definizione di funzione Turing calcolabile, funzioni caratteristiche di insiemi Turing decidibili, la classe delle funzioni Turing calcolabili è chiusa per composizione, coppia, ricorsione primitiva e minimizzazione. Esempi di funzioni Turing calcolabili. Funzioni Ricorsive: equivalenza tra Turing computabilità e funzioni ricorsive. Funzione di Ackermann ([1] capp. 1,2,3,4,5 e [4] cap. 1). - Funzioni costruibili in tempo. Nozione di T-orologio. Esempi di alcune funzioni costruibili in tempo. Chiusura per composizione. - Macchine di Turing non-deterministiche: caratterizzazione mediante la decidibilità di insiemi proiezione. Definizione della classe delle funzioni non-deterministiche polinomiali. Problemi NP-completi. 2) Lambda calcolo e programmazione funzionale: - Programmazione dichiarativa: cenni storici sul lambda calcolo, definizioni di base, i termini del lambda calcolo, la sostituzione semplice. Relazioni sui lambda termini. Congruenze, passaggio al contesto. #-equivalenza. L'#-equivalenza passa al contesto. Chiusura transitiva di una relazione, proprietà di Church-Rosser. Quozientamento dei lambda-termini rispetto all'alpha equivalenza. - Definizione di beta-redosso di beta-riduzione. Teorema di Church-Rosser per la beta-riduzione. Forme normali per beta-riduzione. Strategie di beta-riduzione. Strategia normalizzante: riduzione di sinistra (left most-outer most). Riduzione di testa. Termini Risolubili. Forme Normali di Testa. Teorema di caratterizzazione della risolubilità. - Rappresentazione delle funzioni ricorsive: teorema di lambda definibilità. Esistenza del punto fisso per il lambda termini. Punto Fisso di Church ed punto fisso di Curry. - Rappresentazione di altri tipi di dato nel lambda-calcolo: coppie, liste, alberi, soluzione di equazioni ricorsive su lambda-termini ([2] capp. 1, 2, 5).

Testi

[1] DEHORNOY, P., COMPLEXITÉ ET DECIDABILITÉ. SPRINGER-VERLAG, (1993). [2] KRIVINE, J.-L., LAMBDA CALCULUS: TYPES AND MODELS. #ELLIS HORWOOD, (1993). [3] SIPSER, M., INTRODUCTION TO THE THEORY OF COMPUTATION. THOMSON COURSE TECHNOLOGY, (2006).

Bibliografia di riferimento

G. Lolli, Hilbert e la logica, Le Matematiche, [S.l.], v. 55, n. 3, p. 93-126, mar. 2005. ISSN 2037-5298. Dexter C. Kozen, Theory of Computation, Springer-Verlag (2006). G. Ausiello, G. Gambosi, F. d'Amore Linguaggi, Modelli, Complessità Aho, Hopcroft, Ullman, Design and Analysis of Computer Programming. A. Bernasconi, B. Codenotti, Introduzione alla complessità computazionale, Springer-Verlag. H. Hermes, Enumerability, Decidability, Computability, Die Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen, n. 127, Springer-Verlag. F. Cardone and J. R. Hindley, History of Lambda-calculus and Combinatory Logic, from Swansea University Mathematics Department Research Report No. MRRS-05-06.

Modalità erogazione

Lezione frontale in aula.

Modalità di valutazione

L'esame consiste di due parti: un esame scritto, sostituibile con due prove in itinere (il voto finale viene calcolato pesando la prima prova al 35% e la seconda al 65%) e una prova orale opzionale, prevista per supplire alle insufficienze lievi (a partire dal 15, compreso) o per migliorare il voto ottenuto allo scritto.

English

Prerequisites

There is no required background.

Programme

1) Computability, complexity and representability: - Introduction to decision problems, algorithmic and non-algorithmic procedures, deterministic computations, discrete procedures, the notion of alphabet, of speech. Decidability and semi-decidability of a set. Deterministic, finitary and discrete computations. Formal algorithms: formal definition of algorithm, configurations of input, output, transition function. Example of formalization of an algorithm. Decidability for finished automata. Representation of the automata by matrices. Free Monoid of words. Formal semi-rings. Non-deterministic finite automata. Regular Languages. Equivalence between deterministic and non-deterministic automata. - Turing machines: definition, decidability for Turing machine, stopping time, stopping space. Cost of computation. Complexity: worst-case and average case. Independence of decision time from a finite number of input configurations. Complexity functions, complexity classes DTIME and DSPACE (deterministic time and space). Inclusion $DTIME(T(n)) \# DSPACE(T(n)) \# DTIME(2^{\lceil cT(n) \rceil})$. Pumping Lemma. Simulation of algorithms, simulation of the half tape Turing machine, simulation of a multi-tape machine. Special Turing machines. Linear Speedup theorem for Turing machines with an extended alphabet. Evaluation of acceleration coefficient in relation to alphabets. Decisions of natural number sets. Independence from representation. Considerations concerning complexity. - Turing computability: definition of Turing computable function, characteristic functions of Turing decidable sets, the class of Turing computable functions is closed by composition, concatenation, primitive recursion and minimization. Examples of Turing computable functions. Recursive Functions: equivalence between Turing computability and recursive functions. Ackermann function ([1] chapter 1,2,3,4,5 and [4] chapter 1). - Time-constructible functions. The notion of T-clock. Examples of some time constructible function. Closure by composition. - Non-deterministic Turing machines: characterization through the decidability of projection sets. Definition of the class of polynomial non-deterministic functions. NP-complete problems. 2) Lambda calculus and functional programming: - Declarative programming: a historical outline on the lambda calculus, basic definitions, the terms of the lambda calculus, the simple substitution. Relations on the lambda terms. Congruences, transition to the context. β -equivalence. α -equivalence passes to the context. The transitive closure of a relationship, owned by Church-Rosser. Listing of lambda-terms concerning alpha-equivalence. - Definition of beta-reduction and beta-equivalence. Church-Rosser's theorem for beta-reduction. Normal forms for beta-reduction. Beta-reduction strategies. Normalizing strategy: left reduction (left most-outer most). Head reduction. Soluble Terms. Head Normal Forms. Solvability characterization theorem. - Representation of the recursive functions: lambda definability theorem. Existence of the fixed point for the lambda terms. Church Fixed Point and Curry fixed point. - Representation of other data types in the lambda-calculus: pairs, lists, trees, the solution of recursive equations on lambda-terms ([2] chapters 1, 2, 5).

Reference books

[1] DEHORNOY, P., COMPLEXITÉ ET DECIDABILITÉ. SPRINGER-VERLAG, (1993). [2] KRIVINE, J.-L., LAMBDA CALCULUS: TYPES AND MODELS. #ELLIS HORWOOD, (1993). [3] SIPSER, M., INTRODUCTION TO THE THEORY OF COMPUTATION. THOMSON COURSE TECHNOLOGY, (2006).

Reference bibliography

G. Lolli, Hilbert e la logica, Le Matematiche, [S.I.], v. 55, n. 3, p. 93-126, mar. 2005. ISSN 2037-5298. Dexter C. Kozen, Theory of Computation, Springer-Verlag (2006). G. Ausiello, G. Gambosi, F. d'Amore Linguaggi, Modelli, Complessità Aho, Hopcroft, Ullman, Design and Analysis of Computer Programming. A. Bernasconi, B. Codenotti, Introduzione alla complessità computazionale, Springer-Verlag. H. Hermes, Enumerability, Decidability, Computability, Die Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen, n. 127, Springer-Verlag. F. Cardone and J. R. Hindley, History of Lambda-calculus and Combinatory Logic, from Swansea University Mathematics Department Research Report No. MRRS-05-06.

Study modes

-

Exam modes

-

20410442 - IN420 - TEORIA DELL'INFORMAZIONE

Docente: BONIFACI VINCENZO

Italiano

Prerequisiti

Concetti elementari di probabilità discreta.

Programma

Francesco Fabris. Teoria dell'informazione, codici, cifrari. Bollati Boringhieri, 2001.

Testi

Francesco Fabris. Teoria dell'informazione, codici, cifrari. Bollati Boringhieri, 2001.

Bibliografia di riferimento

Thomas M. Cover, Joy A. Thomas. Elements of Information Theory. Wiley, 1991. Venkatesan Guruswamy, Atri Rudra, Madhu Sudan. Essential Coding Theory. Bozza disponibile online, 2019. Richard E. Blahut. Algebraic Codes for Data Transmission. Cambridge University Press, 2003. Timothy C. Bell, John G. Cleary, Ian H. Witten. Text Compression. Prentice-Hall, 1990.

Modalità erogazione

Lezioni frontali con esercitazioni frontali e/o di laboratorio.

Modalità di valutazione

Esame scritto ed orale.

English

Prerequisites

Elementary concepts of discrete probability.

Programme

David J. C. MacKay. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. Cambridge University Press, 2004.

Reference books

David J. C. MacKay. Information Theory, Inference and Learning Algorithms. Cambridge University Press, 2004.

Reference bibliography

Thomas M. Cover, Joy A. Thomas. Elements of Information Theory. Wiley, 1991. Venkatesan Guruswamy, Atri Rudra, Madhu Sudan. Essential Coding Theory. Bozza disponibile online, 2019. Richard E. Blahut. Algebraic Codes for Data Transmission. Cambridge University Press, 2003. Timothy C. Bell, John G. Cleary, Ian H. Witten. Text Compression. Prentice-Hall, 1990.

Study modes

-

Exam modes

-

20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA

Docente: BONIFACI VINCENZO

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza di un linguaggio di programmazione e di strutture dati elementari: liste, code, pile.

Programma

1. Problemi di ottimizzazione e di ottimizzazione combinatoria. Enumerazione delle soluzioni. 2. Fondamenti di analisi degli algoritmi. Trattabilità computazionale. Ordine asintotico di crescita. 3. Grafi. Connettività ed attraversamento. Bipartizioni. Connettività in grafi diretti. Grafi diretti aciclici ed ordinamento topologico. 4. Algoritmi avidi. Schedulazione di intervalli. Caching ottimo. Cammini minimi in un grafo. Albero ricoprente a costo minimo. 5. Divide et impera. Il mergesort. Conteggio di inversioni. Coppia di punti più vicina. 6. Programmazione dinamica. Schedulazione di intervalli pesati. Principi della programmazione dinamica. Somme di sottoinsiemi e problema della bisaccia. Cammini minimi tra tutte le coppie. Cammini minimi e protocollo basato su vettori delle distanze. 7. Flussi di rete. Flusso massimo e algoritmo di Ford-Fulkerson. Flussi massimi e tagli minimi in una rete. Cammini aumentanti. Abbinamenti bipartiti. Cammini disgiunti in grafi diretti e non diretti. 8. Intrattabilità computazionale. Riduzioni tempo-polinomiali. Riduzioni attraverso "gadget". Certificazione efficiente e definizione di NP. Problemi NP-completi. Problemi di copertura, impaccamento, partizionamento, sequenziamento, numerici. Altri esempi.

Testi

Jon Kleinberg, Eva Tardos. Algorithm Design. Pearson Education, 2013.

Bibliografia di riferimento

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. Introduzione agli algoritmi e strutture dati. McGraw-Hill, 3a edizione, 2010. Sanjoy Dasgupta, Christos Papadimitriou, Umesh Vazirani. Algorithms. McGraw-Hill, 2016. Bernhard Korte, Jens Vygen. Ottimizzazione combinatoria. Springer, 2011. Michael R. Garey, David S. Johnson. Computers and Intractability. Freeman, 1979.

Modalità erogazione

Lezioni frontali con esercitazioni frontali e di laboratorio. Per il diario delle lezioni si consulti il sito del docente: <http://ricerca.mat.uniroma3.it/users/vbonifaci/in440.html>

Modalità di valutazione

Esame scritto ed orale.

English

Prerequisites

Knowledge of a programming language and of elementary data structures: lists, queues, and stacks.

Programme

1. Optimization and combinatorial optimization problems. Enumeration of solutions. 2. Basics of algorithm analysis. Computational tractability. Asymptotic order of growth. 3. Graphs. Graph connectivity and graph traversal. Graph bipartiteness. Connectivity in directed graphs. Directed acyclic graphs and topological ordering. 4. Greedy algorithms. Interval scheduling. Optimal caching. Shortest paths in a graph. Minimum spanning trees. 5. Divide and conquer. Mergesort. Counting inversions. Closest pair of points. 6. Dynamic programming. Weighted interval scheduling. Principles of dynamic programming. Subset sums and knapsacks. All-pairs shortest paths. Shortest paths and distance vector protocols. 7. Network flow. Maximum flow and the Ford-Fulkerson algorithm. Maximum flows and minimum cuts in a network. Augmenting paths. Bipartite matching. Disjoint paths in directed and undirected graphs. 8. Computational intractability. Polynomial-time reductions. Reductions via "gadgets". Efficient certification and the definition of NP. NP-complete problems. Covering, packing, partitioning, sequencing, and numerical problems. Other examples.

Reference books

Jon Kleinberg, Eva Tardos. Algorithm Design. Pearson Education, 2013.

Reference bibliography

Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. Introduction to Algorithms. McGraw-Hill, 3rd edition, 2009. Sanjoy Dasgupta, Christos Papadimitriou, Umesh Vazirani. Algorithms. McGraw-Hill, 2016. Bernhard Korte, Jens Vygen. Combinatorial Optimization. Springer, 4th edition, 2008. Michael R. Garey, David S. Johnson. Computers and Intractability. Freeman, 1979.

Study modes

-

Exam modes

-

20410424 - IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA

Docente: PEDICINI MARCO

Italiano

Prerequisiti

Nozioni elementari di teoria dei numeri, probabilità discreta ed algebra lineare, programmazione di base.

Programma

1. Crittografia Classica - Crittosistemi di base: cifratura per sostituzione, per traslazione, per permutazione, affine, di Vigenère, di Hill. Cifratura a flusso (sincrona e asincrona), Linear feedback shift registers (LFSR) su campi finiti, Cifrario autokey. Cifrari prodotto. Crittoanalisi di base: classificazione degli attacchi; crittoanalisi per i cifrari affini, per la cifratura a sostituzione (analisi delle frequenze), per la cifratura di Vigenere: Kasiski test, indice di coincidenza; crittoanalisi del cifrario di Hill e degli LFSR: attacchi algebrici, cube attack. 2. Applicazione della Teoria di Shannon alla crittografia - Sicurezza dei cifrari: sicurezza computazionale, sicurezza dimostrabile, sicurezza incondizionata. Richiami di calcolo delle probabilità: variabili aleatorie discrete, probabilità congiunta, probabilità condizionata, variabili aleatorie indipendenti, Teorema di Bayes. Variabili aleatorie associate a crittosistemi. Sistemi di cifratura a sicurezza perfetta. Crittosistema di Vernam. Entropia. Codici di Huffman. Spurious Keys e Unicity distance. 3. Cifrari a blocchi - Schemi di cifratura iterativi; Reti di Sostituzione-Permutazione (SPN); Crittoanalisi lineare per SPN: Piling-Up Lemma, approssimazione lineare di S-boxes, attacchi lineari a S-boxes; Crittoanalisi differenziale per SPN; Cifrari di tipo Feistel; DES: descrizione e analisi; AES: descrizione; Cenni sui campi finiti: operazioni su campi finiti, algoritmo di Euclide generalizzato per il calcolo del mcd e degli inversi; Modi operativi per i cifrari a blocchi. 4. Funzioni Hash e Codici per l'autenticazione di messaggi - Funzioni di hash e integrità dei dati. Funzioni di hash sicure: resistenza alla controimmagine, resistenza alla seconda controimmagine, resistenza alla collisione. Il modello dell'oracolo random: funzioni di hash ideali, proprietà di indipendenza. Algoritmi randomizzati, collisione sul problema della seconda controimmagine, collisione sul problema della controimmagine. Funzioni di hash iterate; la costruzione di Merkle-Damgard. Algoritmo di Hash Sicuro (SHA-1). Codici di Autenticazione (MAC): codici di autenticazione nidificati (HMAC).

Testi

[1] Antoine Joux, Algorithmic Cryptanalysis, (2010) CRC Press. [2] Douglas Stinson, Cryptography: Theory and Practice, 3rd edition, (2006) Chapman and Hall/CRC. [3] Delfs H., Knebl H., Introduction to Cryptography, (2007) Springer Verlag.

Bibliografia di riferimento

[_] Serge Vaudenay, A Classical Introduction to Cryptography, Applications for Communications Security (2006) Springer-Verlag. [_] Th. Baigneres, P. Junod, Y. Lu, J. Monnerat, S. Vaudenay A Classical Introduction to Cryptography Exercise Book Springer Verlag (2006). [_] S. Mangano, Mathematica Cookbook ISBN: 9789863470106 Publisher: O'Reilly (2014). [_] Schneier, Applied Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [_] Katz, Lindell, Introduction to Modern Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [_] Rudolf Lidl, Harald Niederreiter, Finite Fields, 2nd edition, In Encyclopedia of Mathematics and its Applications, (2007) Cambridge University Press.

Modalità erogazione

Lezioni in aula e sessioni di programmazione al laboratorio informatico.

Modalità di valutazione

Esame scritto e valutazione del progetto di programmazione.

English

Prerequisites

Basic number theory, basic discrete probability theory, basic linear algebra, basic computer programming.

Programme

1. Classic Cryptography - Basic cryptosystems: encryption by substitution, by translation, by permutation, affine cryptosystem, by Vigenère, by Hill. Stream encryption (synchronous and asynchronous), Linear feedback shift registers (LFSR) on finite fields, Autokey cypher. Product cyphers. Basic cryptanalysis: classification of attacks; cryptanalysis for affine cyphers, for substitution cypher (frequency analysis), for Vigenere cypher: Kasiski test, coincidence index; cryptanalysis of Hill's cypher and LFSR: algebraic attacks, cube attack. 2. Application of Shannon theory to cryptography - Security of cyphers: computational security, provable security, unconditional security. Basics of probability: discrete random variables, joint probability, conditional probability, independent random variables, Bayes' theorem. Random variables associated with cryptosystems. Perfect secrecy for encryption systems. Vernam cryptosystem. Entropy. Huffman codes. Spurious Keys and Unicity distance. 3. Block cyphers - iterative encryption schemes; Substitution-Permutation Networks (SPN); Linear cryptanalysis for SPN: Piling-Up Lemma, linear approximation of S-boxes, linear attacks on S-boxes; Differential cryptanalysis for SPN; Feistel cyphers; DES: description and analysis; AES: description; Notes on finite fields: operations on finite fields, Euclid's generalized algorithm for the computation of the GCD and inverse; Operating modes for block cyphers. 4. Hash functions and codes for message authentication - Hash functions and data integrity. Safe hash functions: resistance to the pre-image, resistance to the second pre-image, collision resistance. The random oracle model: ideal hash functions, properties of independence. Randomized algorithms, collision on the problem of the second pre-image, collision on the problem of the pre-image. Iterated hash functions; the construction of Merkle-Damgard. Safe Hash Algorithm (SHA-1). Authentication Codes (MAC): nested authentication codes (HMAC).

Reference books

[1] Antoine Joux, Algorithmic Cryptanalysis, (2010) CRC Press. [2] Douglas Stinson, Cryptography: Theory and Practice, 3rd edition, (2006) Chapman and Hall/CRC. [3] Delfs H., Knebl H., Introduction to Cryptography, (2007) Springer Verlag.

Reference bibliography

[-] Serge Vaudenay, A Classical Introduction to Cryptography, Applications for Communications Security (2006) Springer-Verlag. [-] Th. Baigneres, P. Junod, Y. Lu, J. Monnerat, S. Vaudenay A Classical Introduction to Cryptography Exercise Book Springer Verlag (2006). [-] S. Mangano, Mathematica Cookbook ISBN: 9789863470106 Publisher: O'Reilly (2014). [-] Schneier, Applied Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [-] Katz, Lindell, Introduction to Modern Cryptography (2006) Chapman and Hall/CRC. [-] Rudolf Lidl, Harald Niederreiter, Finite Fields, 2nd edition, In Encyclopedia of Mathematics and its Applications, (2007) Cambridge University Press.

Study modes

-

Exam modes

-

20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO

Docente: CAMISASCA GAIA

Italiano

Prerequisiti

Non è richiesto alcun prerequisito.

Programma

Il corso consta di lezioni frontali e di esercitazioni pratiche al computer. Linguaggi di programmazione: Il linguaggio principale del corso è C. • Introduzione al linguaggio C • Introduzione al calcolo ad elevate prestazioni (HPC) • Concetti base: architetture hardware e gerarchie di memorie • Schemi di parallelizzazione: strategie differenti per problemi differenti • Misure dell'efficienza e della performance: teoria e benchmark di codice parallelo • Controllo delle versioni di un codice (versioning): Git repository per gestire un progetto • Calcolo parallelo con MPI: Message Passing Interface • Calcolo parallelo con OpenMP: Open Multiprocessing • Input/Output parallelo • Introduzione al calcolo su unità di elaborazione grafica (GPGPU computing) ed al linguaggio OpenCL

Testi

Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms. Trobec, Slivnik, Buli#, Robi#, Springer

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso consta di lezioni frontali e sessione di programmazione.

Modalità di valutazione

Testi da definire

English

Prerequisites

No prior courses are required.

Programme

The education consists of lectures and programming sessions. The main programming language is C. • Introduction to C • Introduction to High Performance Computing • Key concepts: Hardware Architecture and Memory Hierarchy • Parallelization techniques • Measuring parallel performance: theory and benchmark • Version Control of your code: Git software • Parallel programming with MPI: Message Passing Interface • Parallel programming with OpenMP: Open Multiprocessing • Parallel Input/Output • Introduction to GPU computing and OpenCL Programming

Reference books

Introduction to Parallel Computing: From Algorithms to Programming on State-of-the-Art Platforms. Trobec, Slivnik, Buli#, Robi#, Springer

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE

Docente: LOMBARDI FLAVIO

Italiano

Prerequisiti

Competenze Informatiche e di Programmazione Base (IN110 Algoritmi e strutture dati)

Programma

Il corso di Linguaggi di Programmazione ha come obiettivo quello di presentare i principali concetti della teoria dei linguaggi formali e la loro applicazione alla classificazione dei linguaggi di programmazione. Introdurre le principali tecniche per l'analisi sintattica dei linguaggi di programmazione. Imparare a riconoscere la struttura di un linguaggio di programmazione e le tecniche per implementarne la macchina astratta. Conoscere il paradigma orientato agli oggetti ed altri paradigmi non imperativi.

Testi

[1] Maurizio Gabbrielli, Simone Martini, Linguaggi di programmazione - Principi e paradigmi, 2/ed. McGraw-Hill, (2011). [2] Dean Wampler, Alex Payne, Programming Scala: Scalability = Functional Programming + Objects, 2 edizione. O'Reilly Media, (2014). [3] David Parsons, Foundational Java Key Elements and Practical Programming. Springer- Verlag, (2012). Slide del corso a cura del docente

Bibliografia di riferimento

[4] Kip R Irvine, Assembly Language for X86 Processors. Pearson, (2015). [5] Bruce Tate, Seven Languages in Seven Weeks: A Pragmatic Guide to Learning Programming Languages Pragmatic Bookshelf . (2010). [6] Daniel P. Friedman, Mitchell Wand, Essentials of Programming Languages. MIT Press, (2008).

Modalità erogazione

Lo svolgimento prevede lezioni (fortemente consigliate), esercitazioni, seminari, simulazioni e laboratori

Modalità di valutazione

La valutazione prevede una prova scritta sugli argomenti del corso più la implementazione di un progetto software e della relativa documentazione concordato con il docente

English

Prerequisites

Basic Programming and Computer Science Knowledge (IN110 Algorithms and data structures)

Programme

The objective of Linguaggi di Programmazione course is to introduce main formal language theory concepts and results as well as their application for programming language classification. Most relevant approaches for syntactic analysis of programming languages are introduced. Learning how to recognize the structure of a programming language and the implementation techniques for the abstract machine. Understanding the Object Oriented paradigm together with other non imperative approaches.

Reference books

[1] Maurizio Gabbrielli, Simone Martini, Programming Languages - Principles and paradigms, 2/ed. McGraw-Hill, (2011). [2] Dean Wampler, Alex Payne, Programming Scala: Scalability = Functional Programming + Objects, 2 edizione. O'Reilly Media, (2014). [3] David Parsons, Foundational Java Key Elements and Practical Programming. Springer- Verlag, (2012). Course Slides

Reference bibliography

[4] Kip R Irvine, Assembly Language for X86 Processors. Pearson, (2015). [5] Bruce Tate, Seven Languages in Seven Weeks: A Pragmatic Guide to Learning Programming Languages Pragmatic Bookshelf . (2010). [6] Daniel P. Friedman, Mitchell Wand, Essentials of Programming Languages. MIT Press, (2008).

Study modes

-

Exam modes

-

20410432 - IN550 – MACHINE LEARNING

Docente: CASTIGLIONE Filippo

Italiano

Prerequisiti

Linear algebra (e.g., matrix operations) Basic calculus theory concepts (e.g., derivatives) Basic probability and statistics Basic computer programming concepts such as data structure, algorithms, search strategies, complexity, etc.

Programma

Introduzione e generalità; Cosa è l'apprendimento automatico; definizioni; apprendimento supervisionato e non supervisionato; la regressione ed il clustering; Regressione lineare univariata; rappresentazione; la funzione ipotesi; la scelta dei parametri della funzione ipotesi; la funzione costo; l'algoritmo Gradient Descent; la scelta del parametro alpha; Regressione lineare multivariata; notazione vettoriale della funzione ipotesi e della funzione costo; algoritmo Gradient Descent per la multivariata; notazione matriciale; feature scaling and normalization; polynomial regression; la Normal Equation per la regressione multivariata; note finali sul confronto

dell'algoritmo Gradient Descent e il calcolo della Normal Equation; La Regressione Logistica; la classificazione binaria; rappresentazione delle ipotesi; la funzione logistica; il decision boundary; la funzione costo per la regressione logistica; l'algoritmo della discesa del gradiente per la regressione logistica; derivazione analitica del gradiente della funzione costo per la regressione logistica; note sulla implementazione in Octave della funzione costo e dell'algoritmo della discesa del gradiente nel caso della regressione logistica; considerazioni sui metodi di ottimizzazione avanzati; classificazione multi-classe; il metodo one-vs-all; La regolarizzazione; il problema dell'overfitting/underfitting (ovvero high variance/high bias); modifica della funzione costo; il parametro di regolarizzazione; regolarizzazione della regressione lineare; l'algoritmo della discesa del gradiente con la regolarizzazione; la normal equation regolarizzata; la regressione logistica con la regolarizzazione; Neural networks history; AI e connessionismo; il perceptrone; la regola di apprendimento di Rosenblatt; apprendimento di funzioni booleane; i limiti del perceptrone; Neural networks; motivazioni; i neuroni; la neuroplasticità e la one-learning-algorithm hypothesis; model representation; il neurone come logistic unit; la matrice dei pesi; il bias; la funzione di attivazione; il forward propagation; versione vettoriale; le NN come estensione della logistic regression; calcolo delle funzioni booleane AND, OR, NOT, XNOR; multiclass classification con Neural Networks; Neural Network Learning; funzione costo di un Multi Layer Perceptron; l'algoritmo di Backpropagation; Intuizione e formalizzazione; Neural Network learning; Error BackPropagation Algorithm (versione scalare, versione vettoriale); Note sull'implementazione; rolling e unrolling dei parametri per il passaggio della matrice dei pesi in Octave; Gradient checking mediante il calcolo del gradiente approssimato numerico; inizializzazione dei pesi e symmetry breaking; La rete ALVINN (an autonomous driving system); Machine Learning Diagnostic; Evaluating a Learning Algorithm; The test set error; Model selection + training, validation and test set; The concept of Bias and variance; Regularization and Bias/Variance; Choosing the regularization parameter; Putting all together: diagnostic method; Learning curves; Machine Learning system design; Debugging a learning algorithm; Diagnosing Neural Networks ; Model selection; Error analysis; The importance of numerical evaluation; Error Metrics for Skewed Classes; Precision/Recall and Accuracy; Trading Off Precision and Recall; The F1 score; Data for Machine Learning; Designing a high accuracy learning system; Rationale for large data; Support Vector Machines; SVM Cost function; SVM come Large margin Classifiers; i Kernels; scelta dei landmarks; scelta dei parametri C e sigma; Multi-class Classification con SVM confronto tra Logistic Regression e SVM e tra NN vs. SVM; Clustering; l'algoritmo K-means; cluster assignment step; move centroids step; optimization objective; choosing the number of clusters, the elbow method; Dimensionality Reduction; Principal Component Analysis; Motivation I: Data compression; Motivation II: data visualization - Problem Formulation; Goal of PCA; Il ruolo della Singular Value Decomposition nell'algoritmo PCA; Reconstruction from compressed representation; Algorithm for choosing k; Advice for Applying PCA; The most common use of PCA; Misuse of PCA; Anomaly Detection; Problem motivation; Density estimation; Gaussian distribution; Anomaly Detection; Gaussian distribution; Parameter estimation; The Anomaly Detection Algorithm; Anomaly Detection vs. Supervised Learning; Multivariate Gaussian Distribution; Recommender Systems; Collaborative Filtering; Motivation; Problem Formulation; Content Based Recommendations; Notation; Optimization objective; Gradient descent update; Low Rank Matrix Factorization; Learning with large datasets; Online learning; Stochastic gradient descent; Mini-batch gradient descent; Checking for convergence; Map reduce and data parallelism; Machine Learning pipeline; the OCR system; ceiling analysis; Laboratorio: esercizio relativo a Recommender Systems;

Testi

J. Watt, R. Borhani, A. K. Katsaggelos. Machine Learning Refined. Cambridge Univ. Press 2016

Bibliografia di riferimento

C.M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006 R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork. Pattern Classification (2001) John Wiley & Sons.

Modalità erogazione

Testi da definire

Modalità di valutazione

Mid-term evaluation + Final examination

English

Prerequisites

Linear algebra (e.g., matrix operations) Basic calculus theory concepts (e.g., derivatives) Basic probability and statistics Basic computer programming concepts such as data structure, algorithms, search strategies, complexity, etc.

Programme

Introduction and generality; What is machine learning; definitions; supervised and unsupervised learning; regression and clustering; Univariate linear regression; representation; the hypothesis function; the choice of the parameters of the hypothesis function; the cost function; the Gradient Descent algorithm; the choice of the alpha parameter; Multivariate linear regression; vector notation of the hypothesis function and of the cost function; Gradient Descent algorithm for multivariate; matrix notation; feature scaling and normalization; polynomial regression; the Normal Equation for multivariate regression; final notes on the comparison of the Gradient Descent algorithm and the calculation of the Normal Equation; Logistic Regression; binary classification; representation of the hypotheses; the logistics function; the decision boundary; the cost function for logistic regression; the gradient descent algorithm for logistic regression; analytic derivation of the gradient of the cost function for logistic regression; notes on the implementation in Octave of the cost function and of the gradient descent algorithm in the case of logistic regression; considerations on advanced optimization methods; multi-class classification; the one-vs-all method; The regularization; the problem of overfitting / underfitting (ie high variance / high bias); modification of the cost function; the regularization parameter; regularization of linear regression; the algorithm of gradient descent with regularization; the regularized normal equation; logistic regression with regularization; Neural networks history; AI and connectionism; the perceiver; Rosenblatt's learning rule; learning of boolean functions; the limits of the perceiver; Neural networks; reasons; neurons; neuroplasticity and the one-learning-algorithm hypothesis; model representation; the neuron as a logistic unit; the weight matrix; the bias; the activation function; forward propagation; vector version; the NNs as an extension of the logistic regression; calculation of the Boolean functions AND, OR, NOT, XNOR; multiclass classification with Neural Networks; Neural Network Learning; cost function of a Multi Layer Perceptron; the Backpropagation algorithm; Intuition and formalization; Neural Network learning; Error BackPropagation Algorithm (scalar version, vector version); Notes on implementation; rolling and unrolling of the parameters for passing the weight matrix into Octave; Gradient checking by calculating the numerical approximate gradient; initialization of weights and symmetry breaking; The ALVINN network (an autonomous driving system); Machine Learning Diagnostic; Evaluating a Learning Algorithm; The test set error; Model selection + training, validation and test set; The concept of Bias and variance; Regularization and Bias / Variance; Choosing the regularization parameter; Putting all together: diagnostic method; Learning curves; Machine Learning system design; Debugging a learning algorithm; Diagnosing Neural Networks; Model selection; Error analysis; The importance of

numerical evaluation; Error Metrics for Skewed Classes; Precision / Recall and Accuracy; Trading Off Precision and Recall; The F1 score; Data for Machine Learning; Designing a high accuracy learning system; Rationale for large data; Support Vector Machines; SVM Cost function; SVM as Large margin Classifiers; the Kernels; choice of landmarks; choice of parameters C and sigma; Multi-class Classification with SVM Comparison between Logistic Regression and SVM and between NN vs. SVM; Clustering; the K-means algorithm; cluster assignment step; move centroids step; optimization objective; choosing the number of clusters, the elbow method; Dimensionality Reduction; Principal Component Analysis; Motivation I: Data compression; Motivation II: data visualization - Problem Formulation; Goal of PCA; The role of Singular Value Decomposition in the PCA algorithm; Reconstruction from compressed representation; Algorithm for choosing k; Advice for Applying PCA; The most common use of PCA; Misuse of PCA; Anomaly Detection; Problem motivation; Density estimation; Gaussian distribution; Anomaly Detection; Gaussian distribution; Parameter estimation; The Anomaly Detection Algorithm; Anomaly Detection vs. Supervised Learning; Multivariate Gaussian Distribution; Recommender Systems; Collaborative Filtering; Motivation; Problem Formulation; Content Based Recommendations; Notation; Optimization objective; Gradient descent update; Low Rank Matrix Factorization; Learning with large datasets; Online learning; Stochastic gradient descent; Mini-batch gradient descent; Checking for convergence; Map reduce and data parallelism; Machine Learning pipeline; the OCR system ceiling analysis; Laboratory: exercise related to Recommender Systems;

Reference books

J. Watt, R. Borhani, A. K. Katsaggelos. Machine Learning Refined. Cambridge Univ. Press 2016

Reference bibliography

C.M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006 R.O. Duda, P.E. Hart, D.G. Stork. Pattern Classification (2001) John Wiley & Sons.

Study modes

-

Exam modes

-

20410455 - LM420 - TEOREMI SULLA LOGICA 2

Docente: TORTORA DE FALCO LORENZO

Italiano

Prerequisiti

È richiesta una conoscenza preliminare dei teoremi fondamentali sulla logica del primo ordine

Programma

Logica ed Aritmetica: l'incompletezza Parte 1: Decidibilità e risultati fondamentali di teoria della ricorsività. Funzioni ricorsive primitive e funzioni elementari: definizioni ed esempi, codifica elementare delle successioni finite di interi, caratterizzazione alternativa dell'insieme delle funzioni elementari. La funzione di Ackermann e le funzioni (parziali) ricorsive. Gerarchia aritmetica e rappresentazione (in N) delle funzioni ricorsive. Aritmetizzazione della sintassi: codifica dei termini e delle formule, la soddisfacibilità in N delle formule Delta è elementare, codifica dei sequenti e delle derivazioni. I teoremi fondamentali della teoria della ricorsività. Decidibilità, semi-decidibilità, indecidibilità. Parte 2: L'aritmetica di Peano. Gli assiomi di Peano e gli assiomi di Peano al primo ordine. I modelli dell'aritmetica di Peano (al primo ordine). Le funzioni rappresentabili nell'aritmetica di Peano (al primo ordine). Incompletezza ed indecidibilità: teorema di indecidibilità di Church, punto fisso, primo teorema di incompletezza di Gödel, secondo teorema di incompletezza di Gödel, osservazioni conclusive sull'incompletezza, cenni su incompletezza e logica del secondo ordine.

Testi

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 2 Incompletezza, teoria assiomatica degli insiemi, Springer, 2018

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso prevede Didattica frontale; Discussioni con gli studenti e dibattiti sugli argomenti trattati; Esercitazioni; La frequenza non è obbligatoria ma è vivamente raccomandata. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 verranno valutate le modalità di svolgimento delle attività didattiche. Si cercherà di limitare l'inevitabile danno agli studenti dovuto ad un'eventuale necessità di tenere il corso a distanza preservando, per quanto possibile, l'interattività durante le lezioni.

Modalità di valutazione

Esame orale, di durata variabile, in media tra 45 e 60 minuti. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 verranno valutate le modalità di svolgimento degli esami. Si cercherà di limitare l'inevitabile danno agli studenti dovuto ad un'eventuale necessità di tenere gli esami a distanza.

English

Prerequisites

A basic knowledge of the fundamental theorems on first order logic is required

Programme

Logic and Arithmetic: incompleteness Part 1: Decidability and fundamental results of recursion theory. Primitive recursive functions and elementary functions: definitions and examples, elementary coding of the finite sequences of natural numbers, an alternative definition of the set of elementary functions. Ackermann's function and the (partial) recursive functions. Arithmetical hierarchy and representation (in N) of recursive functions. Arithmetization of syntax: coding of terms and formulas, satisfiability in N of Delta formulas is elementary,

coding of sequence and derivations. The fundamental theorems of recursion theory. Decidability, semi-decidability, undecidability. Part 2: Peano arithmetic. Peano's axioms and first order Peano's axioms. The models of (first order) Peano arithmetic. The representable functions in (first order) Peano arithmetic. Incompleteness and undecidability: Church's undecidability theorem, fixed point, Gödel's first incompleteness theorem, Gödel's second incompleteness theorem, final remarks on incompleteness, hints on incompleteness and second order logic.

Reference books

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 2 Incompletezza, teoria assiomatica degli insiemi, Springer, 2018

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410529 - LM510 - TEORIE LOGICHE 1

Docente: MAIELI ROBERTO

Italiano

Prerequisiti

nessun requisito specifico

Programma

Parte 1: Alcune nozioni preliminari. Relazioni d'ordine e alberi, definizioni induttive, dimostrazioni per induzione, assioma di scelta e lemma di König. Parte 2: Dimostrabilità e soddisfacibilità Linguaggio formale del primo ordine: alfabeto, termini, formule, sequenti. Strutture per un linguaggio del primo ordine: strutture, termini e formule a parametri in una struttura, valutazione di termini, formule e sequenti. Calcolo dei sequenti per la logica del primo ordine: il calcolo dei sequenti LK di Gentzen. Sequenti derivabili e derivazioni. Correttezza delle regole di LK. Analisi canonica e teorema fondamentale: costruzione dell'analisi canonica (con e senza tagli) e dimostrazione del teorema fondamentale dell'analisi canonica. Conseguenze del teorema fondamentale dell'analisi canonica: teoremi di completezza, eliminabilità del taglio, compattezza, Löwenheim-Skolem. Parte 3: Verso la teoria della dimostrazione: il teorema di eliminazione del taglio. La procedura di eliminazione del taglio. Definizione dei passi elementari di eliminazione del taglio. Prima strategia dimostrativa (riduzione a grandi passi). Seconda strategia dimostrativa (rovesciamento delle derivazioni). Cenni sulla complessità della procedura di eliminazione del taglio. Qualche conseguenza immediata del teorema di eliminazione del taglio.

Testi

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014

Bibliografia di riferimento

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014

Modalità erogazione

Il corso prevede Didattica frontale; Discussioni con gli studenti e dibattiti sugli argomenti trattati; Esercitazioni; La frequenza non è obbligatoria ma è vivamente raccomandata. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 verranno valutate le modalità di svolgimento delle attività didattiche. Si cercherà di limitare l'inevitabile danno agli studenti dovuto ad un'eventuale necessità di tenere il corso a distanza preservando, per quanto possibile, l'interattività durante le lezioni.

Modalità di valutazione

Esame scritto e/o orale, di durata variabile, in media tra 45 e 60 minuti. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 verranno valutate le modalità di svolgimento degli esami. Si cercherà di limitare l'inevitabile danno agli studenti dovuto ad un'eventuale necessità di tenere gli esami a distanza.

English

Prerequisites

No specific prerequisite.

Programme

Part 1: Some preliminary notions. Order relations and trees, inductive definitions, proofs by induction, axiom of choice and König's lemma. Part 2: Provability and satisfiability. First order formal language: alphabet, terms, formulas, sequents. Structures for first order languages: structures, terms and formulas with parameters in a structure, value of terms, formulas and sequents. The calculus of sequents for first order logic: Gentzen's LK. Derivable sequents and derivations. Correctness of the rules of LK. Canonical analysis and fundamental theorem: construction of the canonical analysis (with and without cuts) and proof of the fundamental theorem of the canonical analysis. Consequences of the fundamental theorem: completeness theorem, compactness theorem, eliminability of cuts, Löwenheim-Skolem's theorem. Part 3: Towards proof-theory: the cut-elimination theorem. The cut-elimination procedure. Definition of the elementary steps of cut-elimination. First proof strategy (big reduction steps). Second proof strategy (reversion of derivations). The complexity of the cut-elimination procedure (sketch). Some immediate consequences of the cut-elimination theorem.

Reference books

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014

Reference bibliography

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014

Study modes

-

Exam modes

-

20410419 - MS410-MECCANICA STATISTICA

Docente: GIULIANI ALESSANDRO

Italiano

Prerequisiti

FM210, CP210

Programma

INTRODUZIONE ALLA MECCANICA STATISTICA E STATI DI GIBBS – Richiami di termodinamica. Funzioni convesse e trasformata di Legendre – Modelli di meccanica statistica: ensemble microcanonico, canonico, grancanonico. Stati di Gibbs. – Modelli di gas su reticolo e di spin tipo Ising. Esistenza del limite termodinamico per l'energia libera in modelli di spin su reticolo. – La struttura generale degli stati di Gibbs. Stati estremali e miscugli. La nozione di transizione di fase: perdita di analiticità e non unicità dello stato di Gibbs. IL MODELLO DI ISING – Rassegna dei risultati noti sul modello di Ising in una o più dimensioni. – Disuguaglianze GKS e FKG. Esistenza degli stati di Gibbs con condizioni al bordo + e - nel modello di Ising ferromagnetico. – La soluzione del modello di Ising unidimensionale a primi vicini con la matrice di trasferimento: assenza di transizione di fase e decadimento esponenziale delle funzioni di correlazione. – Il modello di Ising in campo medio: soluzione esatta. Transizione di fase e perdita di equivalenza tra ensemble statistici. Relazione del modello in campo medio con Ising con interazioni a lunga portata (potenziali di Kac): teorema di Lebowitz-Penrose - La rappresentazione geometrica del modello di Ising in due dimensioni: contorni di alta e bassa temperatura. Esistenza di una transizione di fase nel modello di Ising a primi vicini in due dimensioni: l'argomento di Peierls. Analiticità della pressione ad alta temperatura. – Teorema di Lee-Yang. – Esistenza di una transizione di fase nel modello di Ising in una dimensione con interazione $|x-y|^{-p}$, 1

Testi

S. Friedli and Y. Velenik: Statistical Mechanics of Lattice Systems: A Concrete Mathematical Introduction, Cambridge: Cambridge University Press, 2017. Disponibile online in preprint version su <https://www.unige.ch/math/folks/velenik/smbook/index.html>

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni in aula alla lavagna

Modalità di valutazione

Tesina su una parte del programma da concordare col docente

English

Prerequisites

FM210, CP210

Programme

INTRODUCTION TO STATISTICAL MECHANICS AND GIBBS STATES – Review of equilibrium thermodynamics. Convex functions and Legendre transform. – Models of statistical mechanics: microcanonical, canonical and grandcanonical ensembles. Gibbs states. – Models of lattice gases and Ising spins. The theorem of existence of thermodynamic limit for Ising models. Equivalence of the ensembles. – The structure of Gibbs states. Extremal states and mixtures. The notion of phase transition: loss of analyticity and non-uniqueness of the Gibbs states THE ISING MODEL – Known results on the ferromagnetic Ising model in dimensions one or more – GKS and FKG inequalities. Existence of the infinite volume Gibbs states with + or - boundary conditions – The one-dimensional Ising model: exact solution via the transfer matrix formalism. Absence of a phase transition and exponential decay of correlations. – The mean field Ising model (Curie-Weiss model): exact solution. Phase transition and loss of equivalence between canonical free energy and grandcanonical pressure. Connection between the mean field model and the model in dimension d with weak, long-ranged, interactions (Kac interactions): the theorem of Lebowitz-Penrose - Geometric representation of the 2D Ising model: high and low temperature contours. Existence of a phase transition in the 2D nearest neighbor Ising model: the Peierls argument. Analyticity of the pressure at high temperatures. – The Lee-Yang theorem – Existence of a phase transition in the long range 1D Ising model with interaction $|x-y|^{-p}$, 1

Reference books

S. Friedli and Y. Velenik: Statistical Mechanics of Lattice Systems: A Concrete Mathematical Introduction, Cambridge: Cambridge University Press, 2017. Disponibile online in preprint version su <https://www.unige.ch/math/folks/velenik/smbook/index.html>

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

20410555 - ST410-STATISTICA

Docente: DE OLIVEIRA STAUFFER ALEXANDRE

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza dei fondamentali della probabilità, conforme insegnato nel corso CP210.

Programma

Introduzione alla statistica: campionamento casuale da una popolazione finita e infinita. Definizione di modello statistico e di statistica. Esempi di statistiche. Proprietà delle statistiche: statistica sufficiente, minimale e completa. Stima puntuale di parametri: metodo dei momenti, stimatore di massima verosimiglianza, stimatore di Bayes, algoritmo EM. Valutazione di un stimatore: distorsione, consistenza e rischio quadratico. Stimatore UMVU e stimatori efficienti. Intervallo di confidenza: metodo della quantità pivotale, metodi asintotici e metodo delta. Verifica di ipotesi: definizione di verifica di ipotesi, rapporto di verosimiglianza, dualità con intervallo di confidenza e test uniformemente più potente. Metodi non parametrici: Test goodness-of-fit per variabile discrete e continue, tabella di contingenza e metodo di Kolmogorov Smirnov. Altri argomenti: Analisi di varianza (ANOVA), regressione lineare, regressione lineare generalizzata e regressione logistica.

Testi

Statistical Inference Casella e Berger Duxbury Seconda edizione.

Bibliografia di riferimento

Introduzione alla Statistica Sheldon Ross Apogeo Education Seconda edizione Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze Ross Apogeo Education Terza edizione Laboratorio di Statistica con R Ieva, Masci e Paganoni Pearson

Modalità erogazione

Lezioni frontali con esercizi durante le lezioni, e un progetto di analisi di dati veri. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19, ci saranno lezioni frontali nella piattaforma Teams, con appunti disponibili nella piattaforma Moodle. Ci saranno anche esercizi da consegnare regolarmente.

Modalità di valutazione

Prova scritta con domande sia teoriche che numeriche. Fogli di esercizi per risolvere a casa. Progetto per l'analisi di dati veri (in gruppi da 2 o 3 studenti), per applicare i metodi studiati durante le lezioni. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19, la prova scritta può essere sostituita per una prova orale.

English

Prerequisites

Knowledge of the fundamentals of probability, as in the course CP210.

Programme

Introduction to statistics: random sampling of finite and infinite populations. Definition of the statistical model and the concept of statistics. Example of statistics. Properties of statistics: sufficient, minimal and complete statistics. Point estimators: method of moments, maximum likelihood estimators and Bayes estimators. EM algorithm. How to evaluate estimators: bias, consistency and mean square error. UMVU estimators and efficient estimators. Confidence interval: the concept of pivotals, asymptotic methods and the delta method. Hypothesis testing: definitions, likelihood ratio test and duality with confidence interval. Uniformly most powerful tests. Non-parametric methods: Goodness-of-fit test for discrete and continuum variables, contingency tables and Kolmogorov-Smirnov test. Other topics: analysis of variance (ANOVA), linear regression, generalized linear regression and logistic regression.

Reference books

Statistical Inference Casella e Berger Duxbury 2nd edition.

Reference bibliography

Introductory Statistics Sheldon Ross 4th Edition Academic press Probabilità e statistica per l'ingegneria e le scienze Ross Apogeo Education Terza edizione Laboratorio di Statistica con R Ieva, Masci e Paganoni Pearson

Study modes

-

Exam modes

-