UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E APPLICAZIONI "R. CACCIOPPOLI"

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN MATEMATICA – LM40

(Redatto sulla base del D.M. 270/04 e valido a partire dall'A. A. 2020/2021)

ARTICOLO 1
Definizioni

1) Ai sensi del presente Regolamento si intende:
   a) per "Dipartimento" il Dipartimento di Matematica e Applicazioni Renato Caccioppoli della Università degli Studi di Napoli Federico II
   b) per "D.M. 590/99", il Decreto Ministeriale n. 590 riguardante "Norme concernenti l'autonomia didattica degli atenei", approvato con decreto del Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica il 3 novembre 1999
   c) per "D.M. 270/04", il Decreto Ministeriale n. 270 riguardante "Modifiche al Regolamento recante norme concernenti l'autonomia didattica degli atenei", approvato con decreto del Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica il 22 ottobre 2004
   d) per "Regolamento Didattico di Ateneo", il regolamento approvato dall'Università degli Studi di Napoli Federico II ai sensi dell'art. 11 del D.M. 270/04
   e) per "Corso di Laurea Magistrale", il Corso di Laurea Magistrale in Matematica, come individuato dal successivo art. 2
   f) per "Ordinamento Didattico" l'Ordinamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Matematica allegato al Regolamento Didattico di Ateneo,
   g) per "Statuto di Ateneo" lo Statuto dell'Università degli Studi di Napoli Federico II;
   h) per "Commissione" o "CCD" la Commissione di Coordinamento Didattico del Corso di Laurea Magistrale in Matematica;
   i) per "CFU" il Credito Formativo Universitario così come definito nel D.M. 270/04
   j) per "SSD" il Settore Scientifico Disciplinare ei sensi dell'art. 1, comma 1, lettera k del Regolamento Didattico di Ateneo.

ARTICOLO 2
Titolo e Corso di Laurea

1) Il presente Regolamento Didattico disciplina il Corso di Laurea Magistrale in Matematica afferente al Dipartimento di Matematica e Applicazioni Renato Caccioppoli dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, appartenente alla *classe LM-40, "Matematica" di cui alla tabella allegata al D.M. 16 marzo 2007,* ed al relativo Ordinamento Didattico inserito nel Regolamento Didattico di Ateneo.
2) Gli obiettivi formativi del Corso di Laurea Magistrale sono quelli fissati nell'Ordinamento Didattico allegato al Regolamento Didattico di Ateneo.
3) I risultati di apprendimento del Corso di Laurea Magistrale attesi, espressi secondo gli indicatori di Dublino, sono quelli fissati nell'Ordinamento Didattico allegato al Regolamento Didattico di Ateneo.
4) Gli sbocchi occupazionali e professionali previsti per il Corso di Laurea Magistrale sono quelli descritti nell'Ordinamento Didattico allegato al Regolamento Didattico di Ateneo.

ARTICOLO 3
Struttura didattica

1) Sono organi del Corso di Laurea Magistrale:
    a. la Commissione;
    b. il Coordinatore della Commissione;
    c. la Giunta, presieduta dal Coordinatore, ove la Commissione ne deliberi l'attivazione.
2) La Commissione è presieduta da un Coordinatore, eletto secondo quanto previsto dallo Statuto e dal Regolamento di Ateneo. Il Coordinatore ha la responsabilità del funzionamento della CCD, ne convoca le riunioni ordinarie e straordinarie.
3) La Commissione e il Coordinatore svolgono i compiti previsti dallo Statuto e dal Regolamento Didattico di Ateneo.

ARTICOLO 4
Requisiti di ammissione al Corso di Laurea Magistrale,
attività formative propedeutiche e integrative

1) I requisiti di ammissione sono quelli indicati nei successivi commi 2, 3, 4, 5 e 6 del presente articolo, integrati con i requisiti culturali riportati nell'Allegato A che costituisce parte integrante del presente Regolamento.
2) Almeno una volta l'anno la CCD si riunisce per deliberare sulle ammissioni al Corso di Laurea Magistrale.
3) Per essere ammessi al Corso di Laurea Magistrale occorre essere in possesso della Laurea in Matematica classe 32 ex D.M. 509/1999 e classe L-35 ex D.M. 270/2004 dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, e tali studenti saranno ammessi al Corso di Laurea Magistrale con il criterio del silenzio-assenso. La CCD può comunque deliberare la non ammissione al corso di Laurea Magistrale con parere motivato.
4) Studenti in possesso di lauree appartenenti alla classe L-35 (scienze matematiche) di cui alla tabella allegata al D.M. 207/04, diverse dalla "Laurea in Matematica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II", sono ammessi previa delibera della CCD, valutata la carriera universitaria pregressa.
5) Studenti in possesso di lauree non appartenenti alla classe L-35 (scienze matematiche) di cui alla tabella allegata al D.M. 207/04. In questo caso gli studenti sono ammessi al Corso di Laurea Magistrale purché abbiano conseguito un significativo numero di CFU in termini quantitativi e di distribuzione nei SSD da MAT01 a MAT08. La CCD, valutata la carriera universitaria pregressa, può eventualmente richiedere l'iscrizione a singoli insegnamenti, prima dell'iscrizione alla Laurea Magistrale, in maniera che sia assicurata una adeguata conoscenza di base in tutti i settori scientifico disciplinari di area matematica presenti nel Regolamento della "Laurea in Matematica dell'Università degli Studi di Napoli Federico II".
6) La CCD potrà proporre, anno per anno, altre modalità dell'eventuale prova di ammissione tendente ad accertare i requisiti di cui al precedente comma 1. Tale modalità verrà inserita nel manifesto degli studi e dovrà comunque prevedere l'analisi individuale della preparazione personale.
7) Al momento dell'iscrizione, gli studenti sono obbligati a scegliere un curriculum tra i tre proposti nell'allegato B1.

ARTICOLO 5
Svolgimento della didattica, tipologia e articolazione degli insegnamenti

1) La durata del Corso di Laurea Magistrale è di 2 anni, corrispondenti a 120 CFU
2) Gli Allegati B1 e B2 costituiscono parte integrante del presente Regolamento.

3) L'Allegato B1 definisce l'articolazione del Corso di Laurea Magistrale, con l'elenco degli insegnamenti, la loro collocazione negli anni del corso, la sequenza temporale, l'eventuale articolazione in moduli e i crediti ad essi assegnati, e delle altre attività formative, con l'indicazione dei SSD degli ambiti di riferimento.
4) Secondo quanto previsto dal D.M. 270/04, le attività formative riportate nell'Allegato B1 sono distinte in
   a) Attività caratterizzanti, finalizzate all'acquisizione delle competenze specifiche nel campo della Matematica;
   b) Attività affini o integrative, finalizzate all'acquisizione di competenze integrative a quelle di base e caratterizzanti;
   c) Attività a scelta degli studenti, finalizzata a permettere il completamento e la personalizzazione del percorso di studi da parte degli studenti;
   d) Attività finalizzate alla preparazione della prova finale per il conseguimento del titolo di studio;
   e) Attività finalizzate all'acquisizione di ulteriori conoscenze informatiche, linguistiche o relazionali.
5) La ripartizioni dei CFU nelle varie attività formative è quella definita nell'Ordinamento Didattico.
6) L'Allegato B1 al presente Regolamento è redatto nel rispetto di quanto previsto dal Regolamento Didattico di Ateneo. In particolare, esso può prevedere l'articolazione dell'offerta didattica in moduli di diversa durata, con attribuzione di diverso peso nell'assegnazione dei crediti formativi universitari corrispondenti.
7) Oltre ai corsi di insegnamenti ufficiali, di varia durata, che terminano con il superamento dei relativi esami, l'Allegato B1 al presente Regolamento può prevedere l'attivazione di corsi di sostegno, seminari, esercitazioni in laboratorio o in biblioteca, esercitazioni di pratica testuale, esercitazioni di pratica informatica e altre tipologie di insegnamento ritenute adeguate al conseguimento degli obiettivi formativi del Corso di Laurea Magistrale
8) Le schede che costituiscono l'allegato B2 definiscono per ciascun insegnamento e attività formativa:
   a) gli obiettivi formativi specifici e i relativi contenuti con l'indicazione del SSD di riferimento;
   b) i crediti attribuiti e l'eventuale suddivisione in moduli;
   c) i risultati dell'apprendimento attesi;
   d) le eventuali propedeuticità;
   e) la modalità di verifica dell'apprendimento che consenta il conseguimento dei relativi crediti.
9) Nel caso di corsi d'insegnamento articolati in moduli, questi potranno essere affidati alla collaborazione di più Professori di ruolo e/o Ricercatori.

ARTICOLO 6

Manifesto degli studi e piani di studio

1) Secondo quanto previsto dall'art. 46 dello Statuto, al fine dell'approvazione del Manifesto degli Studi da parte del Consiglio di Dipartimento, la CCD propone in particolare:
   a) le alternative offerte e consigliate, per l'eventuale presentazione da parte dello studente di un proprio piano di studio;
   b) le modalità di svolgimento di tutte le attività didattiche;
   c) l'articolazione delle attività didattiche in semestri;
   d) la data di inizio e di fine delle singole attività didattiche (lezioni frontali, moduli didattici, seminari etc.);
   e) i criteri di assegnazione degli studenti a ciascuno degli eventuali corsi plurimi;
   f) le disposizioni sugli eventuali obblighi di frequenza;
   g) le scadenze connesse alle procedure per le prove finali;
   h) le modalità di copertura degli insegnamenti e di tutte le altre attività didattiche.

2) La richiesta di approvazione di piani di studi individuali, presentati alla Segreteria studenti entro i tempi fissati dal Senato Accademico, saranno vagliati, sulla base della congruità con gli obiettivi formativi specificati nell'Ordinamento Didattico, da un'apposita sottocommissione deliberante nominata dalla CCD e approvati, respinti o modificati entro il termine fissato dal Regolamento Didattico di Ateneo.

ARTICOLO 7
Orientamento e tutorato

1) Le attività di orientamento e tutorato sono organizzate e regolamentate dalla CCD, secondo quanto stabilito dal Regolamento Didattico di Ateneo.

ARTICOLO 8
Ulteriori iniziative didattiche dell'Università

1) In conformità al Regolamento Didattico di Ateneo, la CCD può proporre all'Università di organizzare iniziative didattiche di perfezionamento, corsi di preparazione agli Esami di Stato per l'abilitazione all'esercizio delle professioni e dei concorsi pubblici e per la formazione permanente, corsi per l'aggiornamento e la formazione degli insegnanti di Scuola Superiore. Tali iniziative possono essere promosse attraverso convenzioni con Enti pubblici o privati che intendano commissionarle.

ARTICOLO 9
Trasferimenti, passaggi di Corso, ammissione a prove singole

1) I trasferimenti, i passaggi e l'ammissione a prove singole sono regolamentati dal Regolamento Didattico di Ateneo.
2) La CCD potrà, anno per anno, deliberare che in casi specifici l'accettazione di una pratica di trasferimento sia subordinata ad una prova di ammissione predeterminata.

ARTICOLO 10
Esami di profitto

1) Le norme relative agli esami di profitto sono quelle contenute nel Regolamento Didattico di Ateneo .
2) Nel caso di corsi plurimi i relativi esami vanno tenuti con le medesime modalità.
3) Eventuali crediti relativi alla conoscenza di una lingua dell'Unione Europea diversa dall'italiano sono acquisiti attraverso una prova specifica di lettura e traduzione all'impronta di un testo scientifico in lingua, ovvero attraverso certificazioni rilasciate da strutture competenti, riconosciute dall'Università Federico II.
4) Il Coordinatore della CCD definisce all'inizio dell'anno accademico le date degli esami curando che:
    a) esse siano rese tempestivamente pubbliche nelle forme previste;
    b) non vi siano sovrapposizioni di esami, relativi ad insegnamenti inseriti nel medesimo anno di corso dello stesso *curriculum*;
    c) sia previsto, ove necessario, un adeguato periodo di prenotazione;

d) eventuali modifiche del calendario siano rese pubbliche tempestivamente e, in ogni caso, non prevedano anticipazioni.

ARTICOLO 11
Studenti a contratto

1) La Commissione determina, anno per anno, forme di contratto offerte agli studenti che chiedano di seguire gli studi in tempi più lunghi di quelli legali. A tali studenti si applicano le norme previste dal Regolamento Didattico di Ateneo.

ARTICOLO 12
Doveri didattici dei Professori di ruolo e dei Ricercatori

1) I doveri didattici dei Professori di ruolo e dei Ricercatori sono quelli previsti dal Regolamento Didattico di Ateneo.

ARTICOLO 13
Prova finale e conseguimento del titolo di studio

1) La Laurea Magistrale in Matematica si consegue a seguito di prova finale e comporta l'acquisizione di 120 CFU.
2) L'Allegato C che costituisce parte integrante del presente Regolamento disciplina:
    a) le modalità della prova finale, comprensiva in ogni caso di un'esposizione dinanzi a una apposita commissione;
    b) le modalità della valutazione conclusiva, che deve tenere conto dell'intera carriera dello studente all'interno del Corso di Laurea Magistrale, dei tempi e delle modalità di acquisizione dei crediti formativi universitari, della prova finale.
3) Per accedere alla prova finale lo studente deve avere acquisito il quantitativo di crediti universitari previsto dall'Allegato B1 al presente Regolamento, meno quelli previsti per la prova stessa.

ALLEGATO A
(Requisiti d'ingresso e attività formative propedeutiche e integrative)

Per accedere al Corso di Laurea Magistrale occorre possedere i requisiti di cui al precedente articolo 4.

Occorre inoltre possedere una conoscenza estesa ed adeguata, sia teorica sia metodologica e pratica, della matematica, con particolare riguardo ad i seguenti gruppi culturali:

- Logica Matematica e Matematiche Complementari
- Algebra
- Geometria
- Analisi Matematica
- Probabilità e Statistica Matematica
- Fisica Matematica
- Calcolo numerico

Occorre inoltre avere una buona conoscenza

- dei principali strumenti informatici hardware e software
- dei principali concetti della fisica.
- della lingua inglese.

ALLEGATO B1: Articolazione del Corso di Studi

Corso di Laurea Magistrale in Matematica
Curriculum Generale

I ANNO

INSEGNAMENTO	CFU	Moduli	CFU/ modulo	s.s.d.	Tipologia
Istituzioni di Analisi Superiore	12	1	12	MAT/05	Caratterizzante – form. teorica avanzata
Istituzioni di Algebra Superiore	9	1	9	MAT/02	Caratterizzante – form. teorica avanzata
Istituzioni di Geometria Superiore	9	1	9	MAT/03	Caratterizzante – form. teorica avanzata
A scelta nella tabella B1/1	18		6	Da MAT/01 a MAT/05	Caratterizzante – form. teorica avanzata
A scelta nella tabella B1/2	12		6	Da MAT/06 a MAT/09	Caratterizzante – form. applicativo modellistica
TOTALE I ANNO	**60**				

II ANNO

INSEGNAMENTO	CFU	Moduli	CFU/ modulo	s.s.d.	Tipologia
2 insegnamenti da scegliersi esclusivamente nella tabella B1/3 con eventuali vincoli riportati	12		6	INF/01, da FIS/01 a FIS/08, SECS-S/06	Affini o integrative
A scelta libera purché coerenti con il progetto formativo (art.10 comma 5a DM270/04) (nota 1)	12				A scelta
Attività previste dall'art. 10 comma 5d DM 270/04 (nota 2)	4				Altre attività
Prova finale	32				Prova finale
TOTALE II ANNO	**60**				

Nota 1: Gli studenti possono scegliere insegnamenti per 12 CFU

- all'interno delle tabelle B1/1, B1/2 e B1/3 nonché altri insegnamenti attivati presso il Corso di Studi
- presso altri corsi di laurea dell'ateneo purché coerenti con il percorso formativo

Nota 2: ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento.

Corso di Laurea Magistrale in Matematica
Curriculum Applicativo

I ANNO					
INSEGNAMENTO	**CFU**	**Moduli**	**CFU/ modulo**	**s.s.d.**	**Tipologia**
Istituzioni di Analisi Superiore	12	1	12	MAT/05	Caratterizzante – form. teorica avanzata
Istituzioni Fisica Matematica Superiore	9	1	9	MAT/07	Caratterizzante – form. applicativa modellistica
Calcolo Scientifico	9	1	9	MAT/08	Caratterizzante – form. applicativa modellistica
A scelta nella tabella B1/1	12		6	Da MAT/01 a MAT/05	Caratterizzante – form. teorica avanzata
A scelta nella tabella B1/2	18		6	Da MAT/06 a MAT/09	Caratterizzante – form. applicativa modellistica
TOTALE I ANNO	**60**				

II ANNO					
INSEGNAMENTO	**CFU**	**Moduli**	**CFU/ modulo**	**s.s.d.**	**Tipologia**
2 insegnamenti da scegliersi esclusivamente nella tabella B1/3 con eventuali vincoli riportati	12		6	INF/01, da FIS/01 a FIS/08, SECS-S/06	Affini o integrative
A scelta libera purché coerenti con il progetto formativo (art.10 comma 5a DM270/04) (vedi nota 1)	12				A scelta
Attività previste dall'art. 10 comma 5d DM 270/04 (vedi nota 2)	4				Altre attività
Prova finale	32				Prova finale
TOTALE II ANNO	**60**				

Nota 1: Gli studenti possono scegliere insegnamenti per 12 CFU
- all'interno delle tabelle B1/1, B1/2 e B1/3 nonché altri insegnamenti attivati presso il Corso di Studi
- presso altri corsi di laurea dell'ateneo purché coerenti con il percorso formativo

Nota 2: ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento.

Corso di Laurea Magistrale in Matematica
Curriculum Didattico

I ANNO					
INSEGNAMENTO	**CFU**	**Moduli**	**CFU/ modulo**	**s.s.d.**	**Tipologia**
Istituzioni di Analisi Superiore	12	1	12	MAT/05	Caratterizzante – form. teorica avanzata
Matematiche Elementari da un Punto di Vista Superiore	6	1	6	MAT/04	Caratterizzante – form. teorica avanzata
Un insegnamento a scelta tra – Istituzioni di Algebra Superiore – Istituzioni di Geometria Superiore	9	1	9	MAT/02 o MAT/03	Caratterizzante – form. teorica avanzata
Didattica della Matematica	9	1	9	MAT/04	Caratterizzante – form. teorica avanzata
Matematica Computazionale e Software Didattico	6	1	6	MAT/08	Caratterizzante – form. applicativa modellistica
Complementi di Probabilità e Statistica	6	1	6	MAT/06	Caratterizzante – form. applicativa modellistica
A scelta nella tabella B1/1	6	1	6	Da MAT/01 a MAT/05	Caratterizzante – form. teorica avanzata
A scelta nella tabella B1/2	6	1	6	Da MAT/06 a MAT/09	Caratterizzante – form. applicativa modellistica
TOTALE I ANNO	**60**				

II ANNO					
INSEGNAMENTO	**CFU**	**Moduli**	**CFU/ modulo**	**s.s.d.**	**Tipologia**
2 insegnamenti da scegliersi esclusivamente nella tabella B1/3	12		6	INF/01 Da FIS/01 a FIS/08 SECS-S/06	Affini o integrative
A scelta libera purché coerenti con il progetto formativo (art.10 comma 5a DM270/04) (vedi nota 1)	12				A scelta
Attività previste dall'art. 10 comma 5d DM 270/04 (vedi nota 2)	4				Altre attività
Prova finale	32				Prova finale
TOTALE II ANNO	**60**				

Nota 1: Gli studenti possono scegliere insegnamenti per 12 CFU
- all'interno delle tabelle B1/1, B1/2 e B1/3 nonché altri insegnamenti attivati presso il Corso di Studi
- presso altri corsi di laurea dell'ateneo purché coerenti con il percorso formativo, tra cui in particolare quelli previsti dal DM 616/17

Nota 2: ulteriori conoscenze linguistiche, nonché abilità informatiche e telematiche, relazionali, o comunque utili per l'inserimento nel mondo del lavoro, nonché attività formative volte ad agevolare le scelte professionali, mediante la conoscenza diretta del settore lavorativo cui il titolo di studio può dare accesso, tra cui, in particolare, i tirocini formativi e di orientamento

TABELLA B1/1
(Insegnamenti caratterizzanti formazione teorica avanzata)

INSEGNAMENTO	CFU	Moduli	CFU/ modulo	s.s.d.	Tipologia
Logica Matematica	6	1	6	MAT/01	Caratterizzante
Teoria degli Insiemi	6	1	6	MAT/01	Caratterizzante
Algebra Commutativa	6	1	6	MAT/02	Caratterizzante
Metodi Algebrici in Crittografia	6	1	6	MAT/02	Caratterizzante
Strutture Algebriche	6	1	6	MAT/02	Caratterizzante
Geometria Differenziale	6	1	6	MAT/03	Caratterizzante
Geometria Algebrica	6	1	6	MAT/03	Caratterizzante
Topologia Algebrica	6	1	6	MAT/03	Caratterizzante
Geometria Combinatoria	6	1	6	MAT/03	Caratterizzante
Geometria Riemanniana	6	1	6	MAT/03	Caratterizzante
Analisi Reale	6	1	6	MAT/05	Caratterizzante
Calcolo delle Variazioni	6	1	6	MAT/05	Caratterizzante
Analisi Funzionale	6	1	6	MAT/05	Caratterizzante
Equazioni Differenziali alle derivate parziali	6	1	6	MAT/05	Caratterizzante

TABELLA B1/2
(Insegnamenti caratterizzanti formazione applicativa modellistica)

INSEGNAMENTO	CFU	Moduli	CFU/ modulo	s.s.d.	Tipologia
Processi Stocastici	6	1	6	MAT/06	Caratterizzante
Modelli stocastici e Metodi Statistici	6	1	6	MAT/06	Caratterizzante
Fluidodinamica	6	1	6	MAT/07	Caratterizzante
Meccanica Superiore	6	1	6	MAT/07	Caratterizzante
Meccanica dei Continui	6	1	6	MAT/07	Caratterizzante
Processi Evolutivi in Fisica Matematica	6	1	6	MAT/07	Caratterizzante
Metodi Numerici per Equazioni Differenziali Ordinarie	6	1	6	MAT/08	Caratterizzante
Metodi numerici per l’analisi dei dati	6	1	6	MAT/08	Caratterizzante
Metodi numerici per il datamining	6	1	6	MAT/08	Caratterizzante
Risoluzione Numerica di Equazioni alle Derivate Parziali	6	1	6	MAT/08	Caratterizzante
Teoria dell’approssimazione e sue applicazioni	6	1	6	MAT/08	Caratterizzante
Ottimizzazione Combinatoria	6	1	6	MAT/09	Caratterizzante
Ricerca Operativa	6	1	6	MAT/09	Caratterizzante

TABELLA B1/3
(Formazione affine o integrativa)

INSEGNAMENTO	CFU	Moduli	CFU/ modulo	s.s.d.	Tipologia	note
Fisica Moderna	6	1	6	FIS/01	Affine	
Complementi di Fisica	6	1	6	FIS/01	Affine	
Preparazione di Esperienze Didattiche	6	1	6	FIS/08	Affine	(*)
Didattica della Fisica	8	1	8	FIS/08	Affine	(*)

Algoritmi e Applicazioni per la Data Science	6	1	6	INF/01	Affine	
Calcolo Parallelo e Distribuito	6	1	6	INF/01	Affine	
Elementi di Economia Matematica	6	1	6	SECS-S/06	Affine	
Teoria dei Giochi	6	1	6	SECS-S/06	Affine	
Finanza Matematica	6	1	6	SECS-S/06	Affine	

(*) i corsi marcati da asterisco non possono essere scelti tra le attività' affini dagli studenti dei curricula generale ed applicativo

ALLEGATO B2: Schede degli Insegnamenti

Insegnamento: Logica Matematica	**SSD:** MAT/01
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6

Obiettivi formativi: Il corso intende fornire alcuni strumenti propri della logica matematica, in particolare metodi model-teoretici, per un'analisi di strutture al primo ordine. Prevede, inoltre, un'introduzione alle nozioni fondamentali di teoria della computabilità al fine di illustrare i teoremi di incompletezza di Godel.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere gli argomenti trattati di logica matematica e delle sue applicazioni a strutture algebriche e alla teoria della computabilità,
- saper applicare le conoscenze acquisite per collegare agevolmente gli ambiti astratti ed i relativi esempi concreti, usando il linguaggio della logica matematica,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Deduzione naturale per il calcolo proposizionale, validità e completezza. Teorema di compattezza con applicazione alla teoria dei grafi. Linguaggi e strutture al primo ordine. Soddisfacibilità e teorema di coincidenza. Formule vere in una struttura, formule soddisfacibili, formule logicamente valide e formule logicamente equivalenti. Conseguenza logica. Omomorfismi, monomorfismi e isomorfismi tra strutture. Insiemi definibili in una struttura. Isomorfismi e insiemi definibili. Confronto tra strutture: strutture elementarmente equivalenti e strutture isomorfe. Sottostruttura elementare. Test di Tarski-Vaught ed applicazione alle strutture ordinate dei razionali e dei reali. Deduzione naturale per il calcolo dei predicati: teorema di completezza. Teorema di compattezza ed alcune applicazioni: i teoremi di Loweinheim-Skolem, modelli non standard dei naturali e dei reali, non assiomatizzabilità di alcune classi di strutture. Teorie k-categoriche ed esempi: ordini densi lineari privi di massimo e di minimo, gruppi abeliani divisibili e privi di torsione. Teorema di Vaught per la completezza di una teoria k-categorica. Teorie decidibili. Computabilità: funzioni primitive ricorsive, funzione di Ackermann e funzioni parziali ricorsive. Tesi di Church. Macchine di Turing e tesi di Turing. Insiemi ricorsivi e insiemi ricorsivamente enumerabili. Macchina di Turing universale. Problema della fermata ed altri problemi non decidibili. Aritmetica di Peano e cenni sui teoremi di incompletezzza di Godel.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Teoria degli insiemi		**SSD:** MAT/01
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire una introduzione alle tecniche di assiomatizzazione, sviluppo e modellizzazione di una teoria. Confronto fra le diverse teorie degli insiemi (ad es. ZF, NBG, MK). Dimestichezza con i concetti e i risultati della teoria ZF. Familiarità con i concetti di consistenza ed indipendenza. Applicazioni alle altre branche della matematica, vista come disciplina unica.		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di – conoscere e comprendere le tecniche di assiomatizzazione, sviluppo e modellizzazione di una teoria, – saper applicare le conoscenze acquisite per collegare agevolmente gli ambiti astratti ed i relativi esempi concreti (es. teorie ZF, NBG, MK), – saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, – saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Linguaggio, assiomi, metodi e risultati della teoria assiomatica degli insiemi ZF, NBG, MK. Classi . Assioma di fondazione. Assioma della scelta, sue conseguenze, equivalenze, generalizzazioni. Numeri reali e loro proprietà. Algebre di Boole. Ultraprodotti. Ipotesi del continuo e sue forme deboli. Aritmetica ordinale e cardinale. Esponenziazione cardinale. Cardinali regolari. Cardinali grandi. Insiemi costruibili.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.		

Insegnamento: Istituzioni di Algebra Superiore		**SSD:** MAT/02
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**9	

Obiettivi formativi: Il corso si propone di sviluppare una conoscenza critica dei contenuti e delle metodologie proprie dell’ algebra moderna, con particolare riguardo alla teoria dei gruppi, sia nei suoi risultati classici che in alcuni sviluppi più recenti. Si pone l’attenzione sui gruppi infiniti ed in particolare sull’effetto, sulla loro struttura, dell’imposizione di condizioni finitarie.

Risultati dell’apprendimento attesi: Al termine dell’insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere gli argomenti di teoria dei gruppi trattati ed in particolare le problematiche relative alla classificazione dei gruppi,
- saper applicare le conoscenze acquisite per costruire e confrontare gruppi astratti, esporre i risultati studiati utilizzando il linguaggio proprio della teoria,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Nel corso vengono presentati i principali risultati riguardanti la struttura dei gruppi abeliani, dei gruppi risolubili e dei gruppi nilpotenti. Viene illustrata l'influenza esercitata sulla struttura di un gruppo infinito dall'imposizione di varie naturali condizioni finitarie. Vengono inoltre esaminate relazioni esistenti tra la struttura di un gruppo e quella del suo gruppo di automorfismi.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell’apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell’esposizione, rigore nell’uso del linguaggio, disinvoltura nell’uso delle nozioni acquisite.

<table>
<tr><td colspan="2">Insegnamento: Algebra commutativa</td><td>SSD: MAT/02</td></tr>
<tr><td>Periodo didattico: 1° anno</td><td colspan="2">CFU:6</td></tr>
<tr><td colspan="3">Obiettivi formativi: Il corso si propone di introdurre ai metodi ed ai contenuti fondamentali della teoria degli anelli, dei moduli e delle algebre (commutative) ed alle sue applicazioni, facendo riferimento a linguaggi e metodi utilizzati anche in altri ambiti della matematica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Risultati dell’apprendimento attesi: Al termine dell’insegnamento, lo studente deve dimostrare di
- conoscere e comprendere gli argomenti trattati di teoria degli anelli, di teoria dei moduli e di teoria delle algebre,
- saper applicare le conoscenze acquisite per collegare le strutture astratte e i relativi esempi concreti, saper illustrare i risultati e le tecniche di calcolo acquisiti,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Programma: Costruzioni per anelli, moduli e algebre. Moduli ed algebre libere, anelli di polinomi e di serie formali. Radicali. Somme, prodotti, intersezioni e divisioni tra ideali. Nilradicale e radicale di Jacobson. Anelli locali. Anelli di frazioni e localizzazioni; espansioni e contrazioni di ideali. Lemma di Nakayama; teorema dell'intersezione di Krull. Decomposizione primaria di ideali. Condizioni di catena per anelli e moduli. Estensioni di moduli. Funtori Hom. Moduli proiettivi. Ideali frazionari; anelli di Dedekind. Anelli di Bézout, anelli di valutazione, elementi interi su un anello. Anelli degli interi in campi di numeri.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Propedeuticità: Nessuna.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Modalità di verifica dell’apprendimento: Prova orale.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell’esposizione, rigore nell’uso del linguaggio, disinvoltura nell’uso delle nozioni acquisite.</td></tr>
</table>

Insegnamento: Metodi algebrici in crittografia		**SSD:** MAT/02
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi Il corso si propone di illustrare alcuni tra i principali sistemi crittografici che siano storicamente importanti o attualmente in uso, con particolare riguardo al ruolo svolto nella costruzione di tali sistemi da strumenti algebrici quali l'aritmetica modulare, la teoria dei campi finiti, gli aspetti algebrici della teoria delle curve ellittiche.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere i metodi algebrici e i sistemi crittografici trattati,
- saper applicare le conoscenze acquisite alla risoluzione di esempi concreti,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Algoritmo delle divisioni successive, stime temporali. Stime temporali per le operazioni nell'insieme degli interi modulo m. Crittosistemi simmetrici. Campi finiti e loro ordine. Cifrari a chiave pubblica. Utilizzo dei campi finiti in crittografia. Sistema RSA. Crittosistemi su curve ellittiche. Test di primalità di Solovay-Strassen e di Miller-Rabin e pseudoprimalità, test di primalità ECPP.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Strutture algebriche	**SSD:** MAT/02
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:** 6
Propedeuticità: Nessuna	

Obiettivi formativi: Il corso si propone di approfondire metodi e contenuti della teoria delle strutture algebriche e delle sue applicazioni, con particolare riguardo ai semigruppi e ai reticoli.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di:

- conoscere e comprendere gli argomenti trattati di teoria dei semigruppi e di teoria dei reticoli,
- saper applicare le conoscenze acquisite per collegare le strutture astratte e i relativi esempi concreti, saper illustrare i risultati e le tecniche di calcolo acquisiti,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.
-

Programma: Semigruppi e monoidi, semigruppi e monoidi liberi, loro proprietà universale, sottomonoidi dei monoidi liberi, presentazioni di semigruppi e monoidi. Reticoli, modularità, distributività, complementazione e riducibilità in teoria dei reticoli, algebre di Boole, applicazioni alla teoria dei gruppi.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Istituzioni di Geometria Superiore		**SSD:** MAT/03
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**9	
Obiettivi formativi L'obiettivo del corso è fornire una introduzione alla geometria differenziale, algebrica e alla topologia algebrica. Si discuteranno i risultati più importanti in questi tre campi e si illustreranno le principali tecniche di dimostrazione e di risoluzione dei problemi.		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di − conoscere e comprendere gli elementi fondamentali di base di tutti i capitoli della geometria superiore (differenziale, algebrica e topologica) nonché aver acquisito il linguaggio della geometria superiore, − saper applicare le conoscenze acquisite allo studio di esempi concreti e utilizzarle per la risoluzione di esercizi, − saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, − saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Geometria differenziale: Varietà topologiche e differenziabili. Vettori tangenti. Applicazioni differenziabili: diffeomorfismi, rivestimenti, immersioni, sommersioni ed embedding. Funzioni di troncatura e partizioni dell'unità. Sottovarietà. Campi vettoriali. Curve integrali e flusso di un campo vettoriale. Fibrati vettoriali, sezioni e morfismi di fibrati. Riferimenti locali. Il fibrato cotangente. Integrali di linea. Tensori e calcolo tensoriale. Forme differenziali, orientabilità e integrazione su varietà. Complessi di R-moduli e loro coomologia, prime proprietà. Coomologia di de Rham. Lemma di Poincaré. Successione di Mayer-Vietoris. Coomologia delle sfere. Teorema della sfera irsuta. Teorema dei punti fissi di Brouwer. Geometria algebrica: Spazio affine e chiusi algebrici. Topologia di Zariski. Anelli Noetheriani e teorema della base. Lemma di Gauss e anelli fattoriali. Teorema degli zeri. Curve piane. Punti regolari e retta tangente ad una curva. Molteplicità di una curva in un punto. Frazioni e anelli locali. Espressione asintotica della molteplicità. Molteplicità d'intersezione di due curve piane in un punto. Curve nel piano proiettivo. Teorema di Bézout. Topologia algebrica: Categorie, funtori e trasformazioni naturali. La categoria omotopica. Retratti per deformazione e spazi contraibili. Gruppi abeliani liberi. Richiami su spazi affini e celle convesse. Catene singolari e loro omologia. Omologia e connessione per archi. Complessi di catene. Omomorfismo di connessione. Teorema Fondamentale dell'algebra omologica. Cenni su: invarianza omotopica dell'omologia, invarianza omologica dell'omotopia, teorema di escissione, teorema di Mayer-Vietoris.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: conoscenze e competenze acquisite sui temi del corso, la capacità di esposizione e proprietà di linguaggio dello studente, l'abilità nell'applicare le conoscenze acquisite alla soluzione di semplici problemi, la capacità di integrare una discussione con esempi e controesempi, la padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.		

Insegnamento: Geometria Differenziale		**SSD:** MAT/03
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi L'obiettivo del corso è fornire una introduzione allo studio di alcune strutture su varietà differenziabili: principalmente connessioni sul fibrato tangente, metriche Riemanniane e pseudo-Riemanniane. Si forniranno gli strumenti fondamentali per lo studio di tali varietà, si discuteranno i risultati più importanti, e s'illustreranno le principali tecniche di dimostrazione, e di risoluzione dei problemi.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere gli elementi fondamentali della geometria differenziale e delle sue tecniche dimostrative,
- saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: (i) Carte e atlanti, strutture differenziabili, topologia indotta da un atlante, varietà differenziabili. Applicazioni differenziabili. Vettori tangenti e cotangenti. Mappa tangente. Differenziale di una funzione. Campi vettoriali. Riferimenti locali. Tensori e campi tensoriali. Forme differenziali. Prodotto esterno. (ii) Varietà (pseudo-) Riemanniane. Esempi: spazi Euclidei, piano iperbolico, disco di Poincaré, sfere. Sottovarietà e restrizione di una metrica. Teorema di esistenza di metriche Riemanniane. Isometrie e trasformazioni conformi. Riferimenti locali ortonormali. Gradiente, divergenza, rotore, laplaciano. Cenni su integrazione. Teorema della divergenza e identità di Green. (iii) Connessioni lineari: esistenza, simboli di Christoffel, torsione, curvatura, 1a identità di Bianchi. Geodetiche e trasporto parallelo. Il campo geodetico. L'applicazione esponenziale. (iv) Connessione di Levi-Civita e geodetiche Riemanniane. Formula di Koszul. Coordinate normali. La distanza Riemanniana. Curve minimizzanti e localmente minimizzanti. Formula per la variazione prima della lunghezza d'arco. Varietà geodeticamente complete. Teorema di Hopf-Rinow. (v) Tensore di Riemann della connessione di Levi-Civita; 2a identità di Bianchi; invarianza per isometrie locali. Tensore di Ricci e curvatura scalare. Varietà piatte. Tensore di Weyl e varietà conformemente piatte; caratterizzazione. Curvatura sezionale. Varietà con curvatura sezionale costante. Cenno ai teoremi di Killing-Hopf e Cartan-Hadamard.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: conoscenze e competenze acquisite sui temi del corso, la capacità di esposizione e proprietà di linguaggio dello studente, l'abilità nell'applicare le conoscenze acquisite alla soluzione di semplici problemi, la capacità di integrare una discussione con esempi e controesempi, la padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.

Insegnamento: Geometria Algebrica		**SSD:** MAT/03
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi Il fine del corso è di fornire un'introduzione alla geometria algebrica. Di fornire, poi, gli strumenti fondamentali per lo studio delle varietà algebriche e degli schemi affini, Discutere i risultati più importanti, e illustrare le principali tecniche di dimostrazione e di risoluzione dei problemi.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere il linguaggio della geometria algebrica ed aver acquisito una conoscenza di base sugli argomenti esposti nel corso,
- saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: spazio affine e chiusi algebrici. Topologia di Zariski e sue proprietà. Insiemi riducibili ed irriducibili. Anelli Noetheriani e teorema della base di Hilbert. Spazi topologici Noetheriani e corrispondenza tra chiusi e ideali. Radicale e teorema degli zeri di Hilbert. Varietà algebriche affini. Anello delle coordinate e dimensione di una varietà algebrica. Altezza, dimensione di Krull e grado di trascendenza. Lemma di Gauss e anelli fattoriali. Anelli graduati e varietà proiettive. Anelli locali, localizzazioni e funzioni regolari. Morfismi, morfismi dominanti e proprietà delle fibre di un morfismo. Insiemi costruibili. Morfismi finiti e proiezioni. Punti regolari e spazio tangente. Anelli locali regolari e spazio cotangente di Zariski. Derivazioni su un modulo. Prefasci, fasci e morfismi tra essi. Fascificazione di un prefascio. Monomorfismi ed epimorfismi di fasci. Nucleo ed immagine di un morfismo di fasci. Spazi localmente anellati. Spettro di un anello. Schemi affini. Esempi di schemi affini

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: conoscenze e competenze acquisite sui temi del corso, la capacità di esposizione e proprietà di linguaggio dello studente, l'abilità nell'applicare le conoscenze acquisite alla soluzione di semplici problemi, la capacità di integrare una discussione con esempi e controesempi, la padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.

Insegnamento: Geometria Combinatoria	**SSD:** MAT/03
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6

Obiettivi formativi Il fine del corso è: 1) Fornire un'introduzione alla geometria su campi. 2) Fornire gli strumenti per lo studio della teoria dei Codici, con particolare riguardo a quella dei Codici Lineari. 3) Discutere i risultati più importanti, e illustrare le principali tecniche di dimostrazione e di risoluzione dei problemi.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere il linguaggio della geometria combinatoria ed aver acquisito una conoscenza di base sugli argomenti esposti nel corso con particolare riguardo all'aritmetica dei campi di Galois,
- saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Richiami di geometria proiettiva, gli assiomi di spazio proiettivo, esempio di spazio proiettivo, struttura di una geometria proiettiva, geometrie quozienti, spazi proiettivi finiti, geometrie affini, un'applicazione agli algoritmi di comunicazione. Teorema di Pappo e di Desargues negli spazi proiettivi **P**(V) coordinatizzati da un corpo; coordinate omogenee; regoli e quadriche iperboliche dello spazio proiettivo tridimensionale; curve razionali normali, dimostrazione che ogni geometria proiettiva di dimensione maggiore di 2 è desarguesiana; piani di Moulton. Collineazioni centrali; il gruppo delle traslazioni; dimostrazione che ogni spazio proiettivo desarguesiano è isomorfo ad uno spazio coordinatizzato da un corpo; Collineazione e collineazioni proiettive. Insiemi quadratici; indice di un insieme quadratico; il caso degli spazi di piccola dimensione; insiemi quadratici negli spazi proiettivi finiti; insiemi quadratici ellittici, parabolici e iperbolici; cenni sulle quadriche. Nozioni base di teoria dei codici binari; distanza di Hamming; codici lineari e loro matrice di controllo della parità; codice di Hamming e codici perfetti; codici MDS e loro costruzione geometrica; codici di Reed-Muller.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: conoscenze e competenze acquisite sui temi del corso, la capacità di esposizione e proprietà di linguaggio dello studente, l'abilità nell'applicare le conoscenze acquisite alla soluzione di semplici problemi, la capacità di integrare una discussione con esempi e controesempi, la padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.

Insegnamento: Topologia algebrica		**SSD:** MAT/03
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: Il fine del corso è quello di fornire un'introduzione ai temi principali della topologia algebrica: costruire invarianti di tipo algebrico per lo studio di oggetti geometrici quali i poliedri e le varietà topologiche. Si discuteranno i risultati più importanti in tali ambiti illustrando le principali tecniche di dimostrazione e di risoluzione dei problemi.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere il linguaggio della topologia algebrica ed aver acquisito una conoscenza di base sugli argomenti esposti nel corso,
- saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
  saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Successioni esatte di gruppi ed omomorfismi. Gruppi graduati. Categorie e funtori. Omotopia tra funzioni continue e tra spazi topologici. Omotopia relativa. Retratti e retratti di deformazione. Spazi contraibili. Richiami sulle nozioni di connessione per cammini e di gruppo fondamentale di uno spazio puntato. Spazi semplicemente connessi. Complessi simpliciali. Complessi orientati. Poliedri, triangolazioni e suddivisioni. Applicazioni simpliciali. Teorema di approssimazione simpliciale. Complessi di catene. Applicazioni di catene e loro omotopia. Omologia di un complesso di catene. I funtori omologia simpliciale e singolare. Isomorfismo tra l'omologia simpliciale e l'omologia singolare di un poliedro. Invarianza omotopica del funtore omologia. Assioma della dimensione per l'omologia. Omologia relativa. Successione esatta di omologia. Successione di Mayer-Vietoris. Escissione. Relazione tra il gruppo fondamentale e il gruppo di omologia di dimensione uno. Teoremi di Brouwer del punto fisso e di invarianza della dimensione. Omomorfismi indotti in omologia. Campi di vettori tangenti ad una sfera di dimensione dispari. Grado di un'applicazione di una sfera in sé. Caratteristica di Eulero-Poincaré di un poliedro e sua invarianza topologica. Varietà topologiche con e senza bordo, proprietà di omogeneità. Superfici orientabili e non. Superfici notevoli. Somma connessa. Enunciato del teorema di Radò. Proprietà particolari della triangolazione di una superficie orientabile. Teorema di classificazione delle superfici chiuse e connesse per mostrare che in questo caso l'orientabilità e la caratteristica di Eulero sono invarianti totali.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: conoscenze e competenze acquisite sui temi del corso, la capacità di esposizione e proprietà di linguaggio dello studente, l'abilità nell'applicare le conoscenze acquisite alla soluzione di semplici problemi, la capacità di integrare una discussione con esempi e controesempi, la padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.

Insegnamento: Geometria Riemanniana		**SSD:** MAT/03
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: Il corso intende presentare un'introduzione alla geometria riemanniana, fornire le nozioni e le tecniche di base (principalmente di tipo analitico) e discutere alcuni dei teoremi fondamentali, con particolare attenzione alle relazioni tra curvatura e topologia.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere i concetti e gli strumenti di base della disciplina,
- saper applicare le conoscenze acquisite per affrontare problemi sulle varietà,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Richiami di calcolo tensoriale. Metriche riemanniane. La connessione di Levi-Civita e la derivata covariante. Il tensore di Riemann. Teoria delle geodetiche, mappa esponenziale e applicazioni. Cenni di teoria delle sottovarietà. Funzioni distanza. Teoremi di confronto. Relazioni tra curvatura e topologia. Teoremi di splitting/soul. Varietà a curvatura positiva.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Didattica della Matematica		**SSD:** MAT/04
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:** 9	

Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso é la rielaborazione delle conoscenze matematiche di base alla luce delle problematiche di insegnamento e di apprendimento della disciplina nelle scuole. Interpretazione delle produzione degli studenti in problemi matematici. Costruire nuovi e stimolanti percorsi didattici per l'apprendimento della matematica nella scuola secondaria (o di altro livello).

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere le problematiche di insegnamento e di apprendimento della disciplina nelle scuole, dei riferimenti istituzionali relativi ai curricoli scolastici, del sistema di valutazione della scuola italiana (INVALSI) e del sistema di valutazione internazionale della literacy matematica (OCSE-PISA),
- saper applicare le conoscenze acquisite costruendo nuovi e stimolanti percorsi didattici per l'apprendimento della matematica nella scuola secondaria (o di altro livello); utilizzando report e studi di ricerca, analizzando testi, articoli, protocolli di sperimentazione didattica,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Analisi delle linee guida, nazionali e internazionali, sulla "matematica da insegnare". Principali quadri teorici sviluppati in didattica della matematica per la progettazione e sviluppo di attività di insegnamento. Studio del modello di mediazione semiotica e del ruolo dei segni nell'apprendimento matematico (Vygotskij , Duval, Radford). Il ruolo della discussione matematica, delle tecnologie e dei linguaggi e la loro gestione da parte dell'insegnante nelle dinamiche di insegnamento e apprendimento della matematica (Sfard, Ferrari). Didattica dell'algebra elementare: la nozione di symbol sense (Arcavi); concezioni operazionali e strutturali in matematica (Sfard); il gap aritmetica-algebra (Mason-Radford). Didattica dell'analisi elementare: storia ed epistemologia del concetto di funzione; sua natura di processo e oggetto (Sfard); le radici cognitive di alcuni concetti dell'analisi e loro relazione con le definizioni (Vinner e Tall). Progettazione e sviluppo di metodologie di insegnamento, costruzione di attività e di un curriculum matematico. studio dei processi di apprendimento mediante uso delle tecnologie: potenzialità e criticità.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Relazione di gruppo e prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Qualità del lavoro in gruppo; Capacità di analisi di protocolli prodotti in concrete situazioni di insegnamento/apprendimento. Riferimento alla letteratura e alle teorie studiate per argomentare in modo pertinente su temi di didattica della matematica e approfondire nuovi problemi in modo autonomo.

Insegnamento: Matematiche elementari da un punto di vista superiore		**SSD:** MAT/04
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: L'obiettivo del corso é la rivisitazione e inquadramento dei principali argomenti di matematica di interesse scolastico alla luce dell'evoluzione storica della matematica e del suo assetto disciplinare attuale.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere gli argomenti del corso e di saper interpretare e discutere i contenuti di alcuni articoli di ricerca sulla didattica della matematica,
- saper applicare le conoscenze acquisite rielaborando le proprie conoscenze matematiche di interesse scolastico alla luce dell'evoluzione storica della matematica e del suo assetto disciplinare attuale,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Origine dei vari tipi di numeri e principali svolte concettuali che si sono susseguite nella storia. Motivazioni storiche ed epistemologiche delle estensioni numeriche: da N a Z a Q ad R. Problematiche didattiche relative ai vari tipi di numeri e alle loro proprietà. Ragioni algebriche e topologiche del passaggio da Q ad R. L'infinito in matematica e nella scuola, infinito potenziale ed attuale, l'infinito in geometria. Riflessioni sui significati dell'algebra, in particolare sui collegamenti fra algebra "elementare" ed algebra "astratta", nonché sul passaggio aritmetica-algebra: l'algebra come linguaggio.
Sono inoltre previsti argomenti diversi da approfondire di anno in anno.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Relazione di gruppo e prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Correttezza formale e completezza nell'esposizione degli argomenti del programma. Esposizione accurata e critica dei contenuti di articoli scelti di anno in anno.

Insegnamento: Istituzioni di analisi superiore	**SSD:** MAT/05
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**12

Obiettivi formativi: Il corso presenta alcuni argomenti fondamentali dell'Analisi Matematica: introduzione alla teoria delle funzioni analitiche, teoria dell'integrazione secondo Lebesgue, serie e trasformazione di Fourier, i primi elementi di Analisi Funzionale.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere le problematiche relative ad alcuni capitoli fondamentali dell'analisi matematica (variabile complessa, integrazione astratta e teoria della misura, spazi L^p, spazi di Banach e Hilbert),
- saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Introduzione alla teoria delle funzioni di variabile complessa, funzioni olomorfe e condizione di Cauchy-Riemann, funzioni armoniche, serie di potenze e funzioni analitiche, teorema e formule di Cauchy, indefinita derivabilità e analiticità delle funzioni olomorfe, sviluppo in serie di Taylor, zeri e principi di identità, sviluppo in serie di Laurent e studio delle singolarità isolate, proprietà di media e principio di massimo modulo, teoria dei residui. Teoria della misura e integrazione astratta, passaggio al limite sotto il segno di integrale; misure di Borel positive in spazi topologici localmente compatti, teorema di rappresentazione di Riesz, teorema di Lusin; costruzione della misura di Lebesgue in R^n e sue principali proprietà, insiemi non misurabili. Diseguaglianze di Jensen, Young, Hölder e Minkowski. Spazi L^p, densità della classe delle funzioni semplici e di quella delle funzioni a supporto compatto. Nozioni di convergenza per successioni di funzioni misurabili. Misure in spazi prodotto e teoremi di Tonelli e Fubini; convoluzioni. Introduzione alle misure complesse, misura variazione totale, teorema di Radon-Nikodym e decomposizione di Lebesgue, duale di L^p. Trasformazione di Fourier in L^1 e L^2. Introduzione all'Analisi funzionale: spazi metrici, normati, con prodotto scalare; operatori e funzionali lineari. Spazi di Hilbert: proiezione su di un convesso chiuso e su un sottospazio chiuso, rappresentazione dei funzionali lineari e continui, sistemi ortonormali, diseguaglianza di Bessel, serie di Fourier. Il teorema di Hahn-Banach e prime conseguenze: duale di uno spazio normato, biduale, convergenza debole, spazi riflessivi; separazione di insiemi convessi. Spazi di Banach: teoremi di Baire, di Banach-Steinhaus, principio di limitatezza uniforme, teorema dell'applicazione aperta, del grafico chiuso

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova scritta (esercizi e problemi numerici eventualmente a risposta multipla) e prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Analisi reale		**SSD:** MAT/05
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	
Obiettivi formativi: Gli obiettivi del corso sono: approfondire i concetti di integrazione e derivazione per funzioni non regolari e fornire strumenti per lo studio di proprietà geometriche degli insiemi		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di − conoscere e comprendere il linguaggio proprio della disciplina nonché le problematiche generali relative alle funzioni non regolari, − saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative, − saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, − saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Funzioni a variazione limitata e funzioni assolutamente continue (funzioni di una variabile): proprietà. Funzioni a variazione limitata (funzioni di più variabili) e loro proprietà. Misura di Hausdorff. Insiemi di perimetro finito e diseguaglianza isoperimetrica.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.		

Insegnamento: Analisi funzionale		**SSD:** MAT/05
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	
Obiettivi formativi: Obiettivi principali del corso sono la capacità di impostare lo studio di modelli fisico-matematici in un ambito costituito da spazi di funzioni, di analizzare le proprietà più rilevanti di questi spazi, di affrontare tale studio con gli strumenti acquisiti.		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di - conoscere e comprendere il linguaggio proprio della disciplina nonché le problematiche generali relative agli argomenti del corso, - saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative, - saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, - saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Cenni a modelli fisico-matematici. Richiami sugli spazi vettoriali e topologici. Compattezza. Spazi normati e loro completamento. Criteri di compattezza in spazi di funzioni. Compattezza e caratterizzazione degli spazi finitodimensionali. Problemi di punto fisso e teorema di Leray-Schauder. Applicazioni alle equazioni differenziali ordinarie non-lineari. Funzionali di Minkowski. Estensione di funzionali lineari. Separazione di insiemi convessi. Spazi vettoriali topologici. Identità tra spazi localmente convessi e spazi con topologia generata da famiglie di seminorme. Spazi di Banach. Topologie deboli e deboli star e criteri di compattezza. Minimizzazione di funzionali convessi. Applicazioni a problemi del calcolo delle variazioni. Spazi di operatori lineari. Principi di uniforme limitatezza, dell'applicazione aperta e del grafico chiuso. Operatori a rango chiuso. Operatori semifredholmiani. Operatori compatti. Operatori di tipo Riesz. Aggiunto di un operatore. Relazioni di complementarità. Operatori fredholmiani. Indice. Spettro. Indice e spettro di un operatore di tipo Riesz. Spazi hilbertiani e proiezioni. Ortogonali. Rappresentazione di funzionali lineari. Diagonalizzabilità di operatori compatti autoaggiunti. Applicazioni all'equazione delle onde e all'equazione del calore.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.		

Insegnamento: Calcolo delle variazioni		**SSD:** MAT/05
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: Il corso è inteso come un'introduzione al Calcolo delle Variazioni con particolare attenzione alla teoria classica e alla determinazione dei minimi di funzionali scalari e delle loro proprietà di regolarità.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere le problematiche relative alla ricerca di soluzioni estremali di equazioni integrali e/o differenziali,
- saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Teoria classica del Calcolo delle Variazioni, problemi storici ed esempi. Spazi di funzioni. Minimi forti e deboli. Differenziale di Frechet e di Gateaux. Lemma fondamentale del Calcolo delle variazioni e lemma di Du Bois-Reymond. Condizioni necessarie per la minimalità: condizioni al primo ordine (equazioni di Eulero Lagrange, condizioni di Erdmann-Weierstrass) e condizioni al secondo ordine (condizioni di Legendre). Regolarità delle soluzioni. Problemi a estremi liberi e problemi isoperimetrici. Diseguaglianze di Poincaré-Wirtinger e problema isoperimetrico nel piano. Minimi e convessità. Condizioni sufficienti per la minimalità: condizioni di Weierstrass e Jacobi. Formulazione Hamiltoniana. Equazioni di Hamilton-Jacobi. Minimi Lipschitz e minimi assolutamente continui. Metodi diretti del Calcolo delle Variazioni. Minimizzazione in spazi di Sobolev. Teorema di Tonelli. Problemi multidimensionali. Equazione di Eulero-Lagrange in dimensione n. Funzionale di Dirichlet: esistenza, unicità e regolaritàdei minimi

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Equazioni differenziali alle derivate parziali | **SSD:** MAT/05

Periodo didattico: 1° anno | **CFU:**6

Obiettivi formativi: Il corso intende fornire gli elementi di base della teoria classica delle equazioni di Poisson, del calore e delle onde e un'introduzione abbastanza dettagliata alle funzioni di Sobolev e alla teoria delle soluzioni deboli delle equazioni ellittiche.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere la classificazione e le principali caratteristiche delle equazioni differenziali alle derivate parziali nonché le tecniche per il calcolo delle relative soluzioni,
- saper applicare le conoscenze acquisite allo studio e alla risoluzione di esempi concreti, utilizzando correttamente le tecniche dimostrative,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Equazione di Laplace: soluzione fondamentale e potenziale newtoniano. Funzioni armoniche: teorema della media, principio del massimo, teorema di Liouville, disuguaglianza di Harnack, lemma di Weyl,e analiticità delle funzioni armoniche. Unicità delle soluzioni dei problema di Dirichlet e di Neumann. La funzione di Green. Calcolo esplicito della funzione di Green nel semispazio e nella palla. Il principio di Dirichlet. Equazione del calore: soluzione fondamentale, teorema della media e principio del massimo. Unicità e unicità nel passato. Metodi energetici. Equazione del trasporto. Equazione delle onde. Formula risolutiva in dimensione 1, 2 e 3. Cono caratteristico e velocità finita di propagazione. Metodi energetici. Il metodo di separazione delle variabili e sua applicazione alla risoluzione dell'equazioni di Poisson, del calore e dei mezzi porosi. Trasformata di Fourier e applicazioni alla risoluzione dell'equazione di Poisson, del calore, delle onde e del telegrafo. Trasformata di Laplace e applicazioni. Spazi di Sobolev: definizioni e prime proprietà, H=W, approssimazione con funzioni regolari, domini di estensione, tracce, immersioni e immersioni compatte, disuguaglianza di Poincaré. Soluzione debole di un'equazione ellittica. Esistenza delle soluzioni deboli e loro regolarità. Operatori compatti. Teoria di Fredholm. Autovalori e spettro di un operatore compatto. Autovalori del laplaciano.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Modelli stocastici e metodi statistici		**SSD:** MAT/06
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	
Obiettivi formativi: L'insegnamento intende introdurre lo studente allo studio di processi stocastici in tempo continuo e con spazio degli stati discreto. Particolare attenzione è rivolta ai processi di nascita-morte e alla teoria delle code attraverso la formulazione e l'analisi di modelli matematico-probabilistici e di simulazione atti a descrivere sistemi reali. Ulteriore obiettivo è quello di far cogliere agli studenti le questioni rilevanti insite nella costruzione di modelli stocastici di fenomeni fisici, biologici ed economici e nella loro analisi statistica, nonché le problematiche inerenti la costruzione di simulazioni numeriche		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di - conoscere e comprendere i fondamenti teorici dei modelli stocastici trattati e le problematiche generali relative alla modellizzazione stocastica e allo sviluppo e analisi degli algoritmi di simulazione stocastica, - saper applicare le conoscenze acquisite nello sviluppo autonomo di algoritmi di simulazione, - saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, - saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Sistemi di servizio. Leggi di Little. Processo di Poisson. Processi di Nascita-Morte. Variabili aleatorie di particolare interesse tra cui variabile gamma, iper-esponenziale, chi-quadrato. Catene di Markov. Ergodicità. Code: M/M/1, M/M/1/K, M/M/s, M/M/∞, M/D/1, M/G/1, GI/M/s. Code con distribuzione di Erlang. Cenni alla teoria degli stimatori e della verifica di ipotesi statistiche. Applicazioni di test statistici. Istanze specifiche del metodo Monte Carlo. Simulazione di variabili aleatorie. Simulazione di sistemi di servizio e relativa analisi statistica. Uso di R per l'implementazione di algoritmi di simulazione e di analisi statistica. .		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: I criteri di accertamento del profitto nonché della valutazione sono nell'ordine: chiarezza, correttezza e completezza dell'esposizione; abilità nello sviluppo di algoritmi di simulazione.		

<table>
<tr><td colspan="2">Insegnamento: Processi stocastici</td><td>SSD: MAT/06</td></tr>
<tr><td>Periodo didattico: 1° anno</td><td colspan="2">CFU:6</td></tr>
<tr><td colspan="3">Obiettivi formativi: L'insegnamento intende rafforzare le conoscenze di base del Calcolo delle Probabilità (rendendo allo stesso tempo maggiormente omogenea la classe) mediante la riproposizione, a carattere di marcato formalismo, di contenuti fondamentali. Si forniscono concetti, contenuti e strumenti, quali definizioni, proprietà e teoremi riguardanti medie condizionate, tempi di arresto, martingale, moto browniano e integrazione stocastica, che rappresentano la base sia per uno studio più approfondito della teoria sia per un consapevole utilizzo nelle applicazioni dei processi stocastici.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Risultati dell’apprendimento attesi: Al termine dell’insegnamento, lo studente deve dimostrare di
– conoscere e comprendere i fondamenti teorici dei processi stocastici trattati durante le lezioni con particolare riguardo ai tempi di arresto, alle martingale, al moto browniano e all’integrazione stocastica,
– saper applicare le conoscenze acquisite nella risoluzione autonoma di esercizi e problemi di varia complessità,
– saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
– saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Programma: Richiami di definizioni e teoremi fondamentali di teoria della misura di probabilità. Medie condizionate con numerosi esempi di applicazione. Tempi d'arresto. Martingale e risultati di convergenza. Esempi. Moto e ponte browniano. Leggi notevoli del moto browniano. Approccio analitico al moto browniano. Integrazione stocastica. Formula di Ito ed equazioni differenziali stocastiche.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Propedeuticità: Nessuna.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Modalità di verifica dell’apprendimento: Prova orale.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Risultati di apprendimento che si intende verificare: I criteri di accertamento del profitto nonché della valutazione sono nell’ordine: chiarezza, correttezza e completezza dell’esposizione.</td></tr>
</table>

Insegnamento: Complementi di probabilità e statistica		**SSD:** MAT06
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi:
L'insegnamento si prefigge di completare dal punto di vista formativo e informativo la preparazione degli studenti nello specifico settore disciplinare con una impostazione che tenderà a mettere in risalto aspetti e metodi utili all'insegnamento.
A tale scopo, la trattazione degli argomenti include esempi su dati analizzati con l'utilizzo del Linguaggio R (o di un foglio di calcolo).

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- Conoscere i contenuti proposti fino al livello della dimostrazione dei risultati e comprenderne le potenzialità applicative e quelle utili ai fini della preparazione di significative unità didattiche.
- Saper applicare le conoscenze acquisite per condurre indagini statistiche ai fini di ottenere le risposte quantitative e qualitative appropriate per i dati in possesso**.**
- Saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti.
- Saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma:
Vettori gaussiani. Probabilità condizionata da una sigma algebra. Paradossi e problemi che rappresentano nodi concettuali per l'insegnamento della probabilità. Media condizionata da una sigma algebra. Proprietà degli stimatori dei minimi quadrati. Analisi statistica descrittiva e rappresentazione dei dati come processo aleatorio; teorema di Glivenko-Cantelli. Statistiche d'ordine e stimatori per i quantili. Il test delle ipotesi statistiche. La generazione di numeri aleatori e il metodo di Montecarlo. Commenti su alcuni esempi di unità didattiche per l'insegnamento della probabilità.

Propedeuticità: Nessuna

Modalità di verifica dell'apprendimento: prova orale

Risultati di apprendimento che si intende verificare: padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite.

Insegnamento: Istituzioni di Fisica Matematica Superiore		**SSD:** MAT/07
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**9	
Obiettivi formativi: Acquisizione di metodologie e competenze di Meccanica Analitica con riferimento alle applicazioni. Inoltre il corso intende fornire le prime nozioni riguardanti la determinazione delle equazioni differenziali alla derivate parziali classiche della Fisica Matematica e le loro applicazioni.		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di – conoscere e comprendere le problematiche generali relative allo studio dell'evoluzione di sistemi, – saper applicare le metodologie acquisite con l'ausilio degli strumenti più idonei al fine di descrivere l'evoluzione di un dato sistema coerentemente con la realtà fenomenologica, – saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, – saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Le equazioni canoniche di Hamilton. Modelli lagrangiani. Coordinate cicliche o ignorabili. Principi variazionali della Meccanica. Trasformazioni canoniche. Elementi di teoria di equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine lineari e non lineari. Equazione di Hamilton-Jacobi e sua integrazione: caso di separazione delle variabili ed applicazioni. Equazioni classiche della Fisica Matematica ed applicazioni. Introduzione alla Meccanica dei Continui. Il modello dei fluidi perfetti. Leggi integrali di bilancio e loro formulazione locale.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nell' utilizzo delle tecniche fornite durante il corso per lo studio evolutivo dei sistemi; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.		

Insegnamento: Meccanica dei Continui		**SSD:** MAT/07
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire l'acquisizione di metodologie e competenze di Meccanica dei Continui con riferimento alle applicazioni. Parte integrante del corso è l'attività di laboratorio.		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di – comprendere e conoscere le problematiche generali relative alla termomeccanica dei sistemi continui, – saper applicare le conoscenze acquisite per la descrizione matematica dell'evoluzione di alcuni sistemi materiali continui del mondo reale, – saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, – saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Cinematica e deformazioni di un sistema continuo. Leggi integrali di bilancio per i continui semplici e loro formulazione locale euleriana e lagrangiana. Equazioni di Eulero dei fluidi perfetti. Principali risultati di statica e dinamica di un fluido perfetto e applicazioni. Moti piani, potenziali di velocità e di Stokes. Teoria dei profili alari. Paradosso di D'Alembert. Teoria di Hadamard per PDEs. Tensore acustico, fronti d'onda ed equazione iconale. Bilancio dell'energia e principi della termodinamica. Assiomi costitutivi. Disuguaglianza di dissipazione ridotta e applicazioni ai fluidi viscosi e ai continui elastici. Equazioni di Navier-Stokes e di Navier-Cauchy. Strato limite e ipotesi di Prandtl. Equazioni di Prandtl e di Blasius. Propagazione ondosa nei fluidi perfetti e nei continui elastici lineari. Applicazioni al calcolatore.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nell' utilizzo delle tecniche fornite durante il corso per lo studio evolutivo dei sistemi; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.		

Insegnamento: Fluidodinamica		**SSD:** MAT/07
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: Il corso intende fornire allo studente una conoscenza approfondita dei fenomeni fluidodinamici e dei modelli in grado di rappresentarli. In particolare l'obiettivo principale del corso consiste - partendo dal particolare fenomeno fluidodinamico - nel fornire allo studente le conoscenze sufficienti per individuare il modello matematico più appropriato al fenomeno in esame.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere le problematiche generali relative allo studio dell'evoluzione dei fenomeni fluidodinamici,
- saper applicare le conoscenze acquisite per affrontare problemi applicati per la modellizzazione e l'analisi dell'evoluzione di sistemi fluidodinamici,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Cinematica dei continui deformabili. Equazioni cardinali della Meccanica per i sistemi continui. Assioma degli sforzi. Teorema di Cauchy e tensore degli sforzi. Formulazione locale delle equazioni cardinali della Meccanica. Problema fondamentale della Meccanica dei sistemi continui. Principi della Termodinamica. Fluidi viscosi. Equazioni di Navier-Stokes. Analisi e ruolo delle condizioni al contorno. Analisi qualitativa di un moto. Stabilità di moti fluidi. Dipendenza topologica della nozione di stabilità ed esempi. Teorema di Arnold. Fluidi viscosi non isotermi. Problema della convezione naturale in un fluido chiaro ed in un mezzo poroso.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nella formulazione dei modelli fisico-matematici (sistemi di equazioni alle derivate parziali) per i fenomeni fluidodinamici e nell'ottenere soluzioni di tali modelli con particolare riferimento alla fluidodinamica non isoterma dimostrando chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.

Insegnamento: Meccanica Superiore	**SSD:** MAT/07
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6

Obiettivi formativi: Il corso intende fornire allo studente concetti, modelli e strumenti matematici fondamentali della Meccanica Quantistica, partendo dalla formulazione hamiltoniana della Meccanica Classica. In tal modo si intendono fornire metodologie e competenze di base e nello stesso tempo stimolare curiosità e motivazioni per approfondire lo studio in questo ambito della Fisica Matematica.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere le problematiche generali relative alla modellizzazione matematica dei sistemi in ambito quantistico,
- saper applicare le conoscenze di carattere teorico acquisite per la comprensione e la risoluzione di alcuni semplici modelli (metodologie e competenze algebrico-analitiche essenziali) in ambito della Meccanica Quantistica,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Richiami di meccanica hamiltoniana: parentesi di Poisson; trasformazioni canoniche; equazione di Hamilton-Jacobi; variabili angolo-azione, invarianti adiabatici per particella in potenziale coulombiano. Regole di quantizzazione di Bohr-Sommerfeld-Ehrenfest. Formulazione matriciale della meccanica quantistica (Heisenberg-Born-Jordan). Regole di commutazione di Heisenberg e formulazione operatoriale (Dirac). Esperimento di Stern-Gerlach. Stati puri, stati misti. Rappresentazioni, trasformazioni unitarie, dinamica negli schemi di Heisenberg e Schroedinger e loro equivalenza. Equazione di Schrödinger. Stati stazionari. Rappresentazioni nello spazio delle coordinate e degli impulsi. Regole di indeterminazione di Heisenberg. Diffrazione ed interferenza. Problemi 1-dim. Operatori chiusi, hermitiani, (essenzialmente) autoaggiunti e criteri relativi (spettro e funzione spettrale). Sviluppo spettrale ed autorappresentazioni di x,p. Gruppi ad un parametro di operatori unitari, teoremi di Stone e von Neumann. Teoremi di Kato e Kato-Rellich, e stabilità dei sistemi atomici. Sistemi completi di osservabili che commutano. Rappresentazioni dell'algebra del momento angolare; armoniche sferiche. Atomo di idrogeno.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Correttezza, completezza e chiarezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento. Capacità di effettuare i passaggi matematici necessari per le dimostrazione di teoremi o per determinare risultati quantitativi in modelli

Insegnamento: Processi evolutivi in fisica matematica		**SSD:** MAT/07
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: Far acquisire alcune metodologie matematiche avanzate per lo studio di processi evolutivi retti da equazioni differenziali. Rendere lo studente in grado di affrontare la lettura e la comprensione di recenti contributi alla letteratura scientifica orientati alle applicazioni pratiche in vari ambiti delle Scienze Applicate, quali Economia, Ingegneria, Epidemiologia, Biologia.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere le problematiche generali relative allo studio dell'evoluzione temporale di sistemi nell'ambito delle Scienze Applicate (Economia, Ingegneria, Biologia),
- saper applicare le conoscenze acquisite in ambito teorico per la individuazione e risoluzione di modelli matematici specifici delle Scienze Applicate,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: : Strumenti di analisi qualitativa, quali ad esempio Teoria della Stabilità, Teoria della biforcazione e Metodi di Controllo Ottimo, finalizzati allo studio di processi retti da equazioni differenziali finito e infinito dimensionali, quali processi di crescita , di diffusione e processi con ritardo.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nello studio dei processi evolutivi delle Scienze Applicate attraverso tecniche matematiche avanzate, dimostrando chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.

Insegnamento: Calcolo Scientifico **SSD:** MAT08	
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**9
Obiettivi formativi: In questo percorso formativo si intende approfondire ed ampliare le conoscenze di Analisi Numerica fornite nel corso di Laboratorio di Programmazione e Calcolo, affrontando tematiche e metodi avanzati, con attenzione alle questioni di convergenza, consistenza, stabilità numerica e complessità computazionale. Si intende inoltre fornire le metodologie di progetto, sviluppo, analisi e utilizzo di software matematico. La relativa attività di laboratorio riguarderà l'implementazione di algoritmi in un linguaggio di programmazione ad alto livello, nonché nell'utilizzo di Problem Solving Environments (PSE). Il corso intende fornire una robusta preparazione di base, preliminare a corsi avanzati, tanto nell'ambito dell'analisi numerica classica, che della moderna data science.	
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di − comprendere e conoscere i fondamenti metodologici della matematica numerica, dimostrando di saper formulare rigorosamente e saper risolvere i problemi di calcolo scientifico riconducibili alle tematiche oggetto del corso. − saper applicare le conoscenze acquisite progettando ed implementando algoritmi basati sui metodi numerici trattati, analizzando criticamente i risultati ottenuti e tenendo conto dell'influenza dell'ambiente di calcolo a precisione finita sui risultati stessi. − saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti. − saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati	
Programma: Algebra lineare numerica: Metodi diretti ed iterativi per la risoluzione di sistemi lineari, Fattorizzazioni LU, Cholesky, trasformazioni ortogonali (Givens e Householder), QR; I metodi CG e GMRES; risoluzione numerica del problema per la determinazione di autovalori e autovettori; SVD (cenni). Minimizzazione di funzioni C^1 e risoluzione di sistemi di equazioni non lineari, Problemi di minimo vincolato. Cenni relativi alla risoluzione di equazioni differenziali ordinarie. Quadratura numerica (cenni). Approssimazione ed interpolazione numerica. Utilizzo di MATLAB (o di un equivalente PSE) e del linguaggio di programmazione C/C++.	
Propedeuticità: Nessuna	
Modalità di verifica dell'apprendimento: prova scritta o di laboratorio e prova orale	
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nello sviluppo autonomo di algoritmi e programmi di varia difficoltà utilizzando tecniche numeriche; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.	

Insegnamento: Metodi numerici per equazioni differenziali ordinarie		**SSD:** MAT/08
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	
Obiettivi formativi: Il corso rappresenta una introduzione allo sviluppo ed analisi di metodi per l'approssimazione numerica di equazioni differenziali ordinarie. L'obiettivo principale consiste nel fornire gli strumenti: per la comprensione dei metodi attraverso l'analisi dell'accuratezza e della stabilità, per la loro corretta implementazione, per lo studio, attraverso una sperimentazione opportuna, del comportamento della soluzione numerica, per discutere algoritmi alternativi e dedurre conclusioni critiche.		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di - comprendere e conoscere gli strumenti numerici per risolvere problemi non banali delle scienze e dell'ingegneria che coinvolgono equazioni differenziali ordinarie, con particolare riferimento agli aspetti teorici legati al problema stesso ed alla sua risoluzione numerica, - saper applicare le conoscenze acquisite sviluppando in maniera autonoma programmi per le equazioni differenziali ordinarie anche attraverso l'utilizzo di librerie e/o ambienti software, - saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, - saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Metodi numerici ad un passo e a più passi per problemi a valori iniziali. Convergenza e stabilità. Analisi dell'errore locale e globale. Metodi espliciti e metodi impliciti. Risoluzione numerica di sistemi stiff. Teoria della stabilità lineare e non lineare. Metodi simplettici per sistemi Hamiltoniani. Cenni alla risoluzione numerica di equazioni con ritardo. Metodi numerici per problemi ai limiti. Attività di laboratorio: sviluppo di codici basati sui metodi studiati e simulazione numerica di fenomeni reali utilizzando sia gli algoritmi implementati che i codici delle librerie numeriche presenti in letteratura.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale e valutazione di un progetto correlato agli argomenti del corso.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nello sviluppo autonomo del progetto; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.		

Insegnamento: Risoluzione numerica di equazioni differenziali alle derivate parziali		**SSD:** MAT/08
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	
Obiettivi formativi: Il corso riguarda prevalentemente lo studio di metodi ed algoritmi per risolvere numericamente problemi descritti da modelli differenziali alle derivate parziali. Saranno presi in esame i principali operatori differenziali - ellittico, parabolico ed iperbolico - e attraverso l'analisi numerica e algoritmica delle fasi risolutive, si intende accostare lo studente alle problematiche alla base della risoluzione dei modelli applicativi		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di − comprendere e conoscere le problematiche generali relative all'analisi dei metodi per la risoluzione numerica degli operatori alle derivate parziali, − saper applicare le conoscenze acquisite progettando in maniera autonoma algoritmi numerici per modelli di simulazione numerica , − saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, − saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Programma: Concetti e definizioni preliminari sugli operatori differenziali alle derivate parziali. Risoluzione numerica di problemi ai valori iniziali e ai limiti di tipo ellittico, parabolico ed iperbolico. Schemi di approssimazione a differenze finite ad elementi finiti di equazioni alle derivate parziali. Risoluzione numerica dell'equazione delle onde e dell'equazione di Poisson. Studio della consistenza, convergenza e stabilità. Applicazioni in casi studio; ad esempio: analisi di immagini e modelli di circolazione oceanica.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale e valutazione dell'attività di laboratorio.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: analisi delle problematiche affrontate durante il corso su un caso di studio. Autonomia nella preparazione del caso di studio. Chiarezza di esposizione.		

Insegnamento: Metodi numerici per l'Analisi Dati		**SSD:** MAT/08
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: l'insegnamento intende integrare ed approfondire le conoscenze, acquisite in un corso di primo livello di Analisi Numerica relativamente ai temi dell'algebra lineare numerica, dell'approssimazione e dell'analisi dei segnali (Trasformate Discrete di Fourier e Wavelet) orientandole a metodologie di analisi dei dati. Tale approfondimento, è sostanzialmente incentrato sulla risoluzione di problemi ispirati da problematiche applicative, affrontate dal punto di vista dei fondamenti matematici e numerici alla base di algoritmi e strumenti della Scienza dei Dati (Data Science). In tale ottica, l'attività di laboratorio e l'analisi di specifici casi di studio è parte integrante e centrale del corso.

Risultati dell'apprendimento attesi: al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di
- conoscere e comprendere le tecniche numeriche studiate, con una visione chiara dei campi di applicazione;
- saper utilizzare le conoscenze acquisite per risolvere problemi specifici, sia utilizzando librerie di software che con codici progettati e prodotti ad hoc;
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti;
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma. Introduzione all'analisi di segnali monodimensionali e bidimensionali. Il campionamento in tempo e in frequenza di una funzione. La trasformata di Fourier continua e quella discreta (DFT). Applicazioni della DFT: il prodotto di convoluzione; il prodotto matrice vettore con matrici Circolanti e di Toeplitz; il problema della migliore approssimazione trigonometrica. La trasformata veloce di Fourier (FFT) e principali algoritmi: la classe FFT radix-2 e quella radix-r. Stabilità numerica della FFT. La trasformata continua e quella discreta di Wavelet (DWT). Applicazioni della DWT alla compressione di immagini digitali e la Wavelet packet. Fondamenti di algebra lineare numerica per problemi orientati all'analisi dei dati. Algoritmi numerici per il calcolo dei Valori Singolari (SVD), le fattorizzazione QR con trasformazioni ortogonali e iterative, principali teoremi di localizzazione degli autovalori. Applicazioni della SVD all'analisi di informazioni dominanti in dataset e l'analisi alle componenti principali (PCA). Fattorizzazione non negativa di matrici con applicazioni al Text Mining.

Attività di laboratorio: sviluppo di progetti software basati sui metodologie numeriche orientati all'analisi dati. Applicazioni trattate: Image Processing; Data Mining; Data Analytics.

Propedeuticità: Nessuna

Modalità di verifica dell'apprendimento: valutazione di un progetto sviluppato su temi introdotti nel corso, discussione e prova orale

Risultati di apprendimento che si intende verificare: abilità nello sviluppo autonomo di algoritmi e programmi utilizzando dei metodi numerici per l'analisi dati. Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso della terminologia anche in Inglese, familiarità con le nozioni acquisite.

Insegnamento: Metodi numerici per il datamining		**SSD:** MAT/08
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: il corso intende fornire metodologie numeriche alla base di strumenti per la riduzione della dimensione dei dati e l'estrazione di informazioni da essi (data mining). Un aspetto centrale del corso è lo studio di modelli matematici e di algoritmi numerici per il trattamento dei dati: riduzione, modellazione e classificazione supervisionata e non supervisionata.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere le principali tecniche di analisi di banche dati di grandi dimensioni e di inferenza della conoscenza.
- saper applicare le conoscenze acquisite per l'analisi predittiva di fenomeni e al miglioramento dell'efficacia ed efficienza dei modelli.
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti.
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati

Programma: Introduzione: Il problema della riduzione dei dati e il teorema fondamentale dell'algebra. Richiami delle principali nozioni di algebra lineare numerica per il datamining: componenti principali (PCA) e la relazione con *SVD.* Rappresentare le relazioni tra i dati entro uno spazio di dimensioni ridotte: lo scaling multidimensionale (Multidimensional Scaling (MDS)). La relazione e la differenza tra PCA e MDS. Modellazione dei dati: modello lineare generalizzato (GLM); metodi numerici per la stima dei parametri. Il Teorema di Gauss-Markov. Aspetti e metodi numerici per la classificazione supervisionata e non supervisionata (nearest neighbors, k-means). Fattorizzazione di matrici basate sull'analisi discriminante lineare (Linear discriminant analysis). Metodi non-lineari di riduzione della dimensionalità basati sulla varietà differenziabile (Manifold Learning algorithms): kernel PCA e ISOMAP. Aspetti e nuclei computazionali numerici delle tecniche di machine learning: fuzzy systems, reti neurali artificiali, self-organization maps.
Attività di laboratorio: sviluppo di codici in MATLAB basati sui metodi numeriche studiati e simulazione numerica. Applicazioni trattate: Pattern Recognition, Computational Neuroscience, Biomedical Engineering

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Valutazione di un progetto sviluppato su temi introdotti nel corso, discussione e prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nello sviluppo autonomo di algoritmi e programmi utilizzando dei metodi numerici per il data mining. Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso della terminologia anche in Inglese, familiarità con le nozioni acquisite.

Insegnamento: Matematica computazionale e software didattico		**SSD:** MAT/08
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:** 6	

Obiettivi formativi: il corso intende approfondire alcuni concetti relativi agli strumenti di base per la risoluzione computazionale di problemi di matematica (problem solving), e al loro confronto con metodi analitico/geometrici. L'attività di laboratorio è volta all'acquisizione di competenze nell'uso di software didattico di largo utilizzo (ad es. Matlab, Mathematica, Geogebra).

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- conoscere e comprendere le idee alla base della risoluzione di un problema di matematica con il calcolatore nonché i principali strumenti software di uso didattico,
- saper applicare le conoscenze acquisite per progettare attività didattiche che prevedano la risoluzione di problemi di matematica con l'uso del calcolatore,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Rivisitazione ed approfondimento di argomenti di base dell'analisi numerica orientati alla didattica della matematica, con un approccio di tipo comparativo con le metodologie analitico/geometriche. Progettazione di percorsi didattici basati sulla formalizzazione matematica di un problema e la sua risoluzione numerica.
Soluzione calcolata e soluzione esatta: valutazione della qualità di una soluzione numerica.
Presentazione di alcuni casi di studio provenienti dalle applicazioni (a titolo di esempio: rappresentazione, filtraggio e ricostruzione di un'immagine, valutazione di un portafoglio finanziario ottimo, il problema della dieta, formulazione e risoluzione di un problema di equilibrio) con metodi numerici (diretti e iterativi) per la risoluzione di sistemi lineari, metodi di interpolazione numerica, solutori numerici per equazioni differenziali ordinarie, risoluzione di sistemi lineari e non lineari. Software di matematica dinamica, per il calcolo numerico e simbolico (GeoGebra, Matlab, Octave, Mathematica, wxMaxima, ...). Progettazione unità didattiche in problem solving environments per la didattica.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale e eventuale tesina/progetto integrativo.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, padronanza nell'uso di software specifico per la didattica, capacità di progettazione di unità didattiche.

Insegnamento: Teoria dell'approssimazione e sue applicazioni		**SSD:** MAT/08
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:** 6	

Obiettivi formativi: Il corso rappresenta una introduzione ai metodi fondamentali ed alle basi teoriche dell'approssimazione numerica. Il corso si propone inoltre di fornire agli studenti gli strumenti per risolvere equazioni integrali di seconda specie.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di:

- saper individuare in maniera autonoma il contesto ed il metodo numerico risolutivo idoneo alla risoluzione di problemi
- poter leggere criticamente risultati non classici relativi ai contenuti del corso
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Approssimazione con polinomi algebrici e trigonometrici. Migliore approssimazione polinomiale. Polinomi ortogonali. Interpolazione. Operatori di proiezione.
Metodo delle differenze finite. Approssimazione in spazi di Sobolev. Il metodo di Galerkin e sue varianti. Analisi degli elementi finiti. Elementi lineari per un problema del secondo ordine. Triangolarizzazione. Spazi degli elementi finiti. Interpolazione mediante elementi finiti e relativo errore.
Soluzione numerica delle equazioni integrali di seconda specie. Metodi di proiezione: metodi di collocazione, metodo di Galerkin. Metodi iterativi di proiezione. Il metodo di Nystrom: caso di nuclei continui, integrazione prodotto per nuclei singolari. Metodi di proiezione per equazioni integrali non lineari.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale e valutazione di un progetto correlato agli argomenti del corso.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nello sviluppo autonomo del progetto; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.

Insegnamento: Ottimizzazione combinatoria	**SSD: MAT09**
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:6**
Obiettivi formativi: Questo insegnamento si prefigge quale obiettivo principale l'introduzione degli studenti all'uso dei modelli di programmazione matematica sia lineare che non lineare con particolare attenzione rivolta ai modelli di ottimizzazione a variabili intere. Per quanto riguarda i modelli di programmazione a variabili intere con regione ammissibile finita (problemi combinatorici sia lineari che non lineari), il corso mira a fornire un trattamento completo e rigoroso della loro classificazione computazionale. Per quei problemi computazionalmente intrattabili, oltre ai metodi di soluzione esatti, il corso si prefigge di illustrare anche metodi più sofisticati, come algoritmi di approssimazione e algoritmi euristici e metaeuristici	
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di - comprendere e conoscere le formalizzazione dei modelli di ottimizzazione (lineare e non lineare) per problemi di programmazione a variabili intere, con particolare riferimento a quelli caratterizzati da regione ammissibile finita, nonché la conoscenza della teoria e dei metodi di ottimizzazione intera (lineare e non lineare), - saper applicare le conoscenze acquisite nella corretta modellizzazione di un problema di ottimizzazione combinatoria e nella corretta sua soluzione ottenuta dalla scelta del miglior metodo; - saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti; - saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.	
Programma: Introduzione all'Ottimizzazione Combinatoria. Funzioni di Karp-riducibilità polinomialmente calcolabili. Classi di Complessità Computazionale. Classificazione dei metodi di soluzione. Programmazione Dinamica. Fondamenti teorici per i metodi greedy: Teoria delle Matroidi. Algoritmi di Approssimazione. Classi di Approssimazione. Problema del Vertex Cover Minimo di un grafo. Problema del Massimo Insieme Indipendente di un grafo. Classificazione dei Metodi Euristici. Definizione di Neighborhood di una soluzione. Procedure di Ricerca Locale. Algoritmi Metaeuristici: Il Problema dello Zaino 0/1 e del Commesso Viaggiatore (TSP); teorema dell'inapprossimabilità; un algoritmo Branch & Bound; varianti del TSP. Algoritmi per il TSP. Insiemi neighborhoods di una soluzione; algoritmi di ricerca locale. analisi della complessità computazionale di 2-k-opt exchange. Metaeuristiche per il TSP standard.	
Propedeuticità: Nessuna	
Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale	
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Verifica della abilità nella risoluzione di esercizi di varia difficoltà; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione scritta e orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.	

Insegnamento: Ricerca operativa	**SSD:** MAT/09
Periodo didattico: 1° anno	**CFU:**6

Obiettivi formativi: L'insegnamento si prefigge quale obiettivo principale l'introduzione degli studenti all'uso dei modelli di programmazione matematica ed in particolare sia ai modelli di ottimizzazione lineare (sia continui che a variabili intere) che ai modelli di ottimizzazione non lineare.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere le tecniche di formalizzazione dei modelli di ottimizzazione (lineare e non lineare) per problemi di logistica, organizzazione, pianificazione, scheduling, trasporto, flusso su reti e problemi su grafi ed alberi,
- saper applicare le conoscenze acquisite sviluppando e risolvendo modelli matematici dei classici problemi di ottimizzazione (lineare e non lineare) e dei relativi algoritmi di risoluzione nei campi della Pianificazione della Produzione, della Localizzazione, della Gestione delle Scorte e della Logistica,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: Definizione e classificazione dei problemi di ottimizzazione e dei problemi di decisione e classificazione dei relativi metodi risolutivi. Programmazione Lineare (PL): il Metodo del Simplesso. Problemi di Programmazione Lineare Intera. Metodi esatti per la risoluzione dei problemi di Programmazione Lineare Intera. Esempi di problemi di PLI con matrice dei vincoli uni-modulare. Problemi dello Zaino e algoritmi risolutivi. Problemi di Ottimizzazione su grafi ed alberi: Vertex Cover ed Albero di Copertura Minimo. Il problema del Vertex Cover: un algoritmo 2-approssimato per il problema del Vertex Cover. Il problema dell'albero di copertura di un grafo a costo minimo (MST): l'algoritmo di Kruskal. Problemi di Ottimizzazione su grafi ed alberi: Problemi di Cammino Minimo. Cammini in un grafo orientato: il problema della raggiungibilità (visita in ampiezza; visita in profondità). Il problema dei cammini minimi: l'algoritmo di Dijkstra; l'algoritmo di Floyd e Warshall. Problemi di Ottimizzazione su grafi ed alberi: Pianificazione di un Progetto e Problema del Massimo Flusso. Pianificazione di un progetto: il Metodo CPM. Problemi di flusso su reti: il problema del massimo flusso; teorema max-flow min-cut; algoritmo di Ford-Fulkerson. Ottimizzazione Non Lineare Non Vincolata: Metodi del Gradiente, Metodo di Newton, Metodi delle direzioni coniugate. Metodi basati sui Moltiplicatori di Lagrange.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova scritta (esercizi e problemi numerici eventualmente a risposta multipla) e orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Verifica della abilità nella risoluzione di esercizi di varia difficoltà; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione scritta e orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.

Insegnamento: Calcolo Parallelo e Distribuito		**SSD:** INF/01
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:**6	

Obiettivi formativi: Il corso intende fornire idee di base, metodologie, strumenti software per lo sviluppo di algoritmi in ambiente di calcolo ad alte prestazioni (distribuito). Parte integrante del corso è l'attività di laboratorio.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere il funzionamento degli strumenti di base per la progettazione, sviluppo e analisi degli algoritmi paralleli in ambienti a memoria condivisa e distribuita,
- saper applicare tali conoscenze nello sviluppo autonomo di algoritmi e programmi caratterizzati da livelli di difficoltà crescenti su moderne architetture parallele,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: : Le architetture parallele e loro classificazione. Modelli di sviluppo di algoritmi a memoria condivisa e a scambio di messaggi. Algoritmi elementari paralleli: somma, ricerche, ordinamenti operazioni tra matrici e vettori. I nuovi parametri per l'efficienza e la complessità computazionale. Bilanciamento dinamico del carico e algoritmi adattativi paralleli: case study degli algoritmi adattativi per la quadratura. Cenni al calcolo distribuito.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale e valutazione dell'attività di laboratorio.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nello sviluppo autonomo di algoritmi e programmi di varia difficoltà; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti l'insegnamento.

Insegnamento: Algoritmi e Applicazioni per la Data Science		**SSD:** INF/01
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:** 6	
Obiettivi formativi: Il corso ha come obiettivo quello di fornire un'introduzione sia teorica sia pratica alla Data Science, attraverso le metodologie e gli strumenti per l'analisi e il trattamento dei dati mediante l'uso di approcci statistici, strumenti informatici e tecniche di apprendimento automatico (Machine Learning), al fine di migliorare l'efficacia e la tempestività dei processi decisionali.		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di: - comprendere e conoscere le tecniche di analisi e trattamento dei dati nel processo decisionale per trasformare le informazioni in conoscenza di supporto alle decisioni, anche attraverso l'utilizzo di casi di studio - saper applicare le conoscenze acquisite all'utilizzo di ambienti di sviluppo e librerie software per la risoluzione di problemi nel campo della Data Science ed il Machine Learning. - saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti. - saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati		
Programma: Introduzione alla Data Science. Tecniche di filtraggio e pre-processing dei dati. Principali algoritmi di Data Science e Machine Learning. Algoritmi di apprendimento supervisionato e non supervisionato. Metodologie di classificazione e regressione. Comunicazione e visualizzazione dei dati. Applicazioni di metodologie e tecniche di Data Science a casi di studio.		
Propedeuticità: Nessuna		
Modalità di verifica dell'apprendimento: prova orale e valutazione di un progetto correlato agli argomenti del corso		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: Abilità nello sviluppo autonomo del progetto; chiarezza, correttezza e completezza nell'esposizione orale degli argomenti inerenti all'insegnamento.		

Insegnamento: Fisica Moderna		**SSD :** FIS/01
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:** 6	

Obiettivi formativi: corso intende fornire un' introduzione agli aspetti fondamentali della fisica del ventesimo secolo: relatività speciale, meccanica quantistica, fisica delle particelle elementari, relatività generale e cosmologia.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento lo studente deve dimostrare di

- di comprendere e conoscere i fondamenti fenomenologici e sperimentali della teoria della relatività e della meccanica quantistica; deve sapere riprodurre in modo quantitativo i principali risultati studiati,
- di saper applicare tali conoscenze nell'impostazione generale di un problema di fisica relativistica/quantistica,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Contenuti:
Relatività speciale: dalla costanza della velocità della luce per cambiamento di riferimento alle trasformazioni di Lorentz; lo spazio-tempo di Minkowski, i quadrivettori e le regole di trasformazione del campo elettromagnetico.
Meccanica quantistica: crisi della meccanica classica, il dualismo onda corpuscolo, l'equazione di Schroedinger; interpretazione probabilistica e sue conseguenze; semplici applicazioni dell'equazione di Schroedinger.
Fisica delle particelle elementari: il modello standard della fisica delle particelle elementari e sue semplici applicazioni.
Relatività generale e cosmologia: l'equazione di Hilbert-Einstein e sue soluzioni nello spazio tempo omogeneo isotropo; implicazioni della fisica delle particelle elementari e della relatività generale in cosmologia.

Propedeuticità: Fisica 2 con Laboratorio.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Criteri di valutazione: saranno valutate le conoscenze e competenze acquisite sui temi del corso, prendendo in considerazione tanto le capacità procedurali (capacità d'impostazione e soluzione dei problemi), quanto quelle argomentative (capacità di rappresentare i fenomeni nei termini della teoria).

Insegnamento: Preparazione di Esperienze Didattiche		**SSD :** FIS/08
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:** 6	

Obiettivi formativi: Il corso intende fornire una panoramica generale dei risultati in ricerca in didattica della fisica attraverso alcuni approcci didattici (esperimenti in tempo reale, inquiry, didattica delle scienze integrata, fisica in contesto), finalizzati a migliorare la comprensione concettuale di alcune idee chiave della fisica. Inoltre si intende familiarizzare gli studenti con possibili esperimenti da condurre in ambito scolastico per superare note difficoltà di apprendimento note dalla ricerca in didattica. Infine, si presenteranno esempi di percorsi didattici di fisica classica e moderna da implementare in classe o in attività extracurriculari

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento lo studente deve dimostrare di
- comprendere e conoscere le problematiche generali relative alla didattica della fisica con particolare riguardo alle strategie di ragionamento degli studenti di scuola secondaria superiore (conoscenza pedagogica del contenuto),
- di saper applicare le conoscenze acquisite attraverso la redazione di un portfolio delle attività seguite, mettendo l'accento sulle somiglianze/differenze con quelle presenti nelle Indicazioni nazionali dei Licei. Inoltre, dovrà essere in grado di progettare autonomamente un'esperienza da realizzare in una classe, corredata da opportuna scheda studente e guida docente,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Contenuti: *(i)* Sensori nella didattica della fisica; *(ii)* nodi concettuali nella cinematica unidimensionale; *(iii)* idee degli studenti su forza e moto; (*iv)* nodi concettuali in termologia; *(v)* nodi concettuali nella propagazione ondulatoria e misure di spettri di onde meccaniche e onde elettromagnetiche; *(vi)* nodi concettuali su circuiti in corrente continua; *(vii)* proposte didattiche per l'insegnamento della fisica moderna nei licei.

Propedeuticità: Fisica 2 con Laboratorio.

Modalità di accertamento del profitto: Redazione del portfoli o prova di laboratorio e colloquio orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: integrazione conoscenza disciplinare e conoscenza pedagogica del contenuto; pertinenza al curriculum di scuola secondaria della proposta di esperienza didattica; chiarezza delle richieste nella scheda studente e delle spiegazioni nella guida docente; coerenza della metodologia scelta con quella presentata nel corso.

Insegnamento: Complementi di Fisica		**SSD :** FIS/01
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:** 6	

Obiettivi formativi: Il corso intende approfondire alcune tematiche di fisica generale con particolare riferimento ad aspetti trasversali e unificanti della materia. Nell’ambito del corso saranno discussi metodi matematici per la risoluzione di problemi di fisica e saranno discussi aspetti rilevanti del processo di modellizzazione in fisica

Risultati dell’apprendimento attesi: Al termine dell’insegnamento lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere gli aspetti metodologici della disciplina con particolare riguardo a quelli trasversali e unificanti,
- saper applicare le conoscenze acquisite impostando autonomamente un problema di fisica attraverso la modellizzazione di una situazione reale e saper risolvere il modello derivato mediante gli opportuni metodi e strumenti matematici,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Contenuti: Modelli in fisica: ruolo e definizione; elasticità; moti oscillatori smorzati e forzati; analogie tra sistemi meccanici ed elettrici; risonanza; filtri; secondo principio della termodinamica e sue implicazioni, entropia, entalpia ed energia libera; campi elettrici e magnetici nella materia; modelli classici di magnetismo nella materia; onde meccaniche e soluzione dell’equazione delle onde per sistemi 1D e 2D mediante serie di Fourier; equazioni di Maxwell, energia del campo elettromagnetico.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Criteri di valutazione: capacità di soluzione di problemi; capacità di modellizzare ed interpretare fenomeni fisici presenti nella realtà di tutti i giorni; padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.

Insegnamento: Didattica della Fisica	**SSD:** FIS/08
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:**8

Obiettivi formativi: Il corso è finalizzato all'acquisizione di capacità nel progettare e realizzare attività didattiche per l'insegnamento della fisica nella scuola secondaria. In particolare studiando proposte che emergono da sperimentazioni e da risultati dalla ricerca in didattica della fisica si lavora intorno a proposte che mirano allo sviluppo di percorsi longitudinali basati su una visione unitaria della fisica con una particolare attenzione ai processi di modellizzazione e ai problemi di interpretazione nel passaggio dalla fisica classica a quella moderna.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere strategie per migliorare l'apprendimento e l'insegnamento valorizzando le risorse degli studenti e lavorando contemporaneamente su fisica e linguaggio, fisica e matematica, fisica e tecnologia, nonché l'evoluzione dei concetti chiave della fisica e dei concetti trasversali alle diverse discipline scientifiche,
- saper applicare le conoscenze acquisite per progettare attività didattiche sulla modellizzazione di fenomeni fisici,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Programma: .Toccando in modo trasversale molti argomenti di fisica classica e moderna nel corso si analizzano: - libri di testo e divulgativi; -proposte innovative e materiali didattici basati su simulazioni, animazioni ed esperimenti in tempo reale con l'uso di sensori e sistemi automatici; -contributi significativi nel campo pedagogico, storico ed epistemologico; -esperienze e proposte didattiche dei musei scientifici. In laboratorio si realizzano esperimenti con dimostrazioni interattive e misure curando la ricerca di relazioni tra grandezze, la costruzione di modelli e le strategie per argomentare su ipotesi e teorie.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di verifica dell'apprendimento: Prova orale.

Risultati di apprendimento che si intende verificare: Padronanza delle conoscenze, chiarezza nell'esposizione, rigore nell'uso del linguaggio, disinvoltura nell'uso delle nozioni acquisite, familiarità con l'uso delle tecnologie didattiche per l'insegnamento della fisica.

Insegnamento: Finanza Matematica		**SSD :** SECS-S/06
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:** 6	

Obiettivi formativi: Il corso e' finalizzato a fornire le conoscenze avanzata di modelli matematici inerenti le decisioni finanziarie in condizioni di incertezza, con particolare riferimento ai mercati azionari, all'acquisizione di metodologie di selezione di portafoglio, di modellistica involvente aspettative e rischio nei mercati, nonché della struttura e della valutazione di contratti derivati.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere le problematiche relative alla descrizione di un problema finanziario attraverso modelli matematici con particolare riguardo a quelli caratterizzati da condizioni di incertezza,
- saper applicare le conoscenze acquisite impostando autonomamente un problema finanziario attraverso la sua modellizzazione e saper risolvere il modello derivato mediante gli opportuni metodi matematici,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Contenuti: Elementi di teoria dell'utilità-Teoria dell'utilità e selezione di portafoglio-Analisi media-varianza di portafogli azionari - Il Capital Asset Pricing Model: Identificazione del prezzo di equilibrio dei titoli, Scomposizione del rischio - L'Arbitrage Pricing Theory-Le opzioni: Combinazioni, Il modello binomiale per la valutazione delle opzioni, Il modello di Black e Scholes-Il valore a rischio (VaR).

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.

Criteri di valutazione: capacità di soluzione di problemi; capacità di modellizzare ed interpretare fenomeni finanziari; padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.

Insegnamento: Teoria dei Giochi		**SSD :** SECS-S/06
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:** 6	

Obiettivi formativi: L'insegnamento fornisce i fondamenti matematici della teoria non cooperativa, illustrandone pertanto il livello di rigore nelle applicazioni tipicamente sviluppate negli insegnamenti avanzati di economia. Viene altresì analizzato l'approccio cooperativo attraverso applicazioni naturali dei principali concetti di soluzione proposti dalla letteratura.

Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento lo studente deve dimostrare di

- comprendere e conoscere le problematiche relative agli argomenti trattati nel corso nonché essere in grado di sintetizzare, dai fenomeni analizzati, gli elementi caratteristici dell'interazione strategica implicata,
- saper applicare le conoscenze acquisite arrivando con rigore matematico alla definizione delle possibili soluzioni, evidenziando in maniera inequivoca le ipotesi che le dettano. Strumento essenziale è la dimostrazione delle affermazioni,
- saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti,
- saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.

Contenuti:

1. Richiami di Analisi e Topologia di spazi di dimensione finita con spunti per l'analisi infinito-dimensionale. Teoremi di Separazione e piccola Teoria delle Corrispondenze. Teorema di Kakutani. Strategie miste da spazi di strategie pure finiti e non. Elementi di Teoria della Misura: in spazi di dimensione finita e misure regolari in spazi topologici.
2. Conflittualità in presenza di interazione strategica. Equilibrio di Nash. Determinazione con payoff differenziabili. Analisi dei modelli di Bertrand e Cournot. Un esempio di incentivo-compatibilità in un finanziamento di un progetto pubblico.
3. Esistenza di equilibri con cenni al caso di payoff non continui (Nash, Glicksberg, Dasgupta-Maskin).
4. Soluzione di Nash per I problemi di bargaining. Cenno alla soluzione di Kalai-Smorodinski.
5. Giochi TU. Nucleolo, Valore di Shapley: teoremi di esistenza ed unicità. Nucleo, Teorema di Bondareva
6. Problema di bancarotta, problema della ripartizione dei costi, giochi di maggioranza.
7. Nucleo di un gioco NTU: Teorema di esistenza di Scarf. Nucleo di un'economia di scambio, Teorema di Debreu-Scarf.

Propedeuticità: Nessuna.

Modalità di accertamento del profitto: Prova scritta (quesiti a risposta libera e esercizi numerici) e orale.

Criteri di valutazione: L'esame verifica le competenze acquisite e la capacità di applicarle discutendo, anche attraverso la risoluzione di esercizi o la dimostrazione di teoremi, i concetti di soluzione di un gioco e il campo della loro applicabilità.

Insegnamento: Elementi di Economia Matematica		**SSD:** SECS-S/06
Periodo didattico: 2° anno	**CFU:** 6	
Obiettivi formativi: Il corso intende fornire gli strumenti matematici che ricorrono nella formulazione dei modelli della economia classica con particolare riguardo agli equilibri statici e dinamici. Appropriarsi della logica dei fatti economici che permette la formulazione dei su citati modelli		
Risultati dell'apprendimento attesi: Al termine dell'insegnamento, lo studente deve dimostrare di - conoscere e comprendere le problematiche relative alla descrizione di un problema di economia attraverso strumenti matematici con particolare riguardo a quelli di equilibrio, - saper applicare le conoscenze acquisite impostando autonomamente un problema di economia attraverso la sua modellizzazione e saper risolvere il modello derivato mediante gli opportuni metodi matematici, - saper comunicare in maniera chiara, rigorosa ed efficace idee e soluzioni a interlocutori specialisti e non specialisti, - saper individuare i metodi più appropriati per analizzare e risolvere un problema inerente gli argomenti del corso e interpretare correttamente i risultati.		
Contenuti: Preferenze e loro rappresentazione mediante funzioni di utilità. Il vantaggio individuale come funzione di pay-off. La contrattazione e gli equilibri di Nash. Giochi cooperativi: insieme degli equilibri e valore di Shapley. Modelli delle economie di scambio. Teoria del benessere sociale: teoremi del benessere, equilibri di Pareto e di Walras. Teoria della scelta sociale e sistemi di votazione. Teoria delle aste.		
Propedeuticità: Nessuna.		
Modalità di accertamento del profitto: Prova orale.		
Risultati di apprendimento che si intende verificare: capacità di soluzione di problemi; capacità di modellizzare ed interpretare fenomeni di economia classica; padronanza degli strumenti matematici utilizzati nel corso.		

ALLEGATO C
(Prova Finale)

L'obiettivo della prova finale del Corso di Laurea Magistrale è quello di valutare la capacità dello studente di approfondire ed elaborare in maniera critica un argomento in stretta connessione con le attività formative del Corso di Laurea, curandone la contestualizzazione e il legame con altre materie, e di esporlo in pubblico in maniera chiara e con capacità di sintesi . A tal fine l'elaborato finale, di cui all'Allegato C del regolamento didattico, é un lavoro tipicamente strutturato nella forma di una dissertazione scritta originale, sviluppata utilizzando una ampia documentazione anche sperimentale, e producendo eventualmente risultati originali. Tale lavoro, dovrebbe essere svolto, di norma, nell'arco temporale di circa 12 mesi sotto la supervisione di un relatore. Il voto finale è espresso in centodecimi con eventuale attribuzione della lode, ed è determinato tenendo conto sia della carriera scolastica dello studente sia della discussione dell'elaborato di Laurea.