UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE, FISICHE E NATURALI

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN MATEMATICA

MANIFESTO DEGLI STUDI
A. A. 2009-2010

APPROVATO DAL CONSIGLIO DEL CORSO DI STUDIO IL 7 APRILE 2009

REFERENTE: PROF. LUIGI MAIERÙ
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA
UNIVERSITÀ DELLA CALABRIA
TEL. 0984-496440; E-MAIL: maieru@unical.it

1. Il Corso di Laurea Magistrale in Matematica è gestito dal Consiglio di Corso di Laurea in Matematica, che si occupa anche del Corso di Laurea in Matematica.
Il Corso di Laurea Magistrale in Matematica rientra nella classe delle Lauree Magistrali in Matematica (Classe LM-40). La durata normale del corso di Laurea Magistrale è di due anni dopo la Laurea. Per conseguire la Laurea Magistrale in Matematica lo studente deve avere acquisito 120 crediti.
Tutte le notizie che riguardano il Corso di Studio in Matematica si trovano sul sito della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali dell'Università della Calabria: http://www.smfn.unical.it.

2. Il titolo di Studio rilasciato è la Laurea Magistrale in Matematica.
Il Corso di Studio è articolato in modo da offrire la possibilità di scelta tra due *curricula*: analitico-geometrico e modellistico-applicativo.
Il *curriculum* analitico-geometrico mira a fare acquisire competenze più specifiche nel campo della geometria e dell'analisi matematica, ed è consigliato a coloro che intendono impegnarsi in futuro in attività di ricerca in questi campi.
Il *curriculum* modellistico-applicativo mira a dare sicure ed elevate competenze computazioni e modellistiche, ed è consigliato a coloro che intendono inserirsi nel campo del lavoro industriale/terziario.
Il primo anno del Corso di Studio è rivolto al completamento della formazione di base della matematica indipendentemente dal *curriculum* scelto, mentre il secondo anno è rivolto alla formazione secondo i *curricula* e alla preparazione dell'elaborato finale o tesi.

3. Il Corso di Laurea in Matematica si propone la formazione di laureati che:
- posseggano avanzate conoscenze di matematica e delle sue applicazioni;
- sappiano leggere ed approfondire argomenti di letteratura matematica e dare prova di abilità nel preparare una relazione scritta e tenere una relazione orale;
- dimostrino capacità di astrazione e duttilità nell'usare il linguaggio formale;
- conoscano approfonditamente il metodo scientifico;
- posseggano avanzate competenze computazionali e informatiche e di sapere applicare le conoscenze matematiche acquisite alle altre scienze;
- siano in grado di valutare e di costruire dimostrazioni rigorose;

- siano in grado di formalizzare matematicamente problemi di elevata difficoltà espressi in linguaggio non formale, di individuare in modo autonomo e di utilizzare le tecniche matematiche appropriate per il loro studio e la loro soluzione;
- progettino studi sperimentali e di osservazione e sappiano analizzare i dati ottenuti;
- propongano ed analizzino modelli matematici associati a situazioni concrete derivanti da altre discipline, anche di elevata complessità, e sappiano usare questi modelli per facilitare lo studio della situazione originale;
- costruiscano e sviluppino complesse argomentazioni logiche in modo autonomo;
- lavorino in gruppo e con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità scientifiche e organizzative;
- abbiano una mentalità flessibile e una capacità di inserirsi prontamente negli ambienti di lavoro, adattandosi facilmente a nuove problematiche, acquisendo facilmente competenze specifiche e dimostrando anche capacità manageriali.

4. I laureati del Corso di Laurea Magistrale in Matematica possono accedere al Dottorato e/o Scuole di ricerca e Scuole di Dottorato (alle quali è possibile l'accesso con il titolo conseguito), alla Scuola di Specializzazione per l'insegnamento Secondario (secondo la legislazione vigente) e ai Masters Universitari di secondo livello.
Possono esercitare funzioni d'elevata responsabilità nella costruzione e nello sviluppo computazionale di modelli matematici di varia natura, svolgendo attività professionali:
a) nelle aziende e nelle industrie,
b) in laboratori e centri di ricerca,
c) in attività connesse alla diffusione della cultura scientifica,
d) nel settore dei servizi,
e) nella pubblica amministrazione.
Possono, inoltre, accedere all'insegnamento nelle Scuole secondarie (secondo l'iter e la normativa vigente) e alla carriera accademica.
In generale sono ritenuti d'estrema utilità lì dove sono richieste una mentalità flessibile, competenze computazionali e informatiche, e una buona dimestichezza con la gestione, l'analisi e il trattamento di dati numerici.
In particolare, hanno competenze (o possono facilmente acquisire le eventuali conoscenze mancanti) per svolgere tutte le professioni classificate al punto 2.1.1.3 della classificazione ISTAT delle professioni (Matematici e Statistici) e alcune di quelle classificate nei punti 2.1.1.4 (Informatici e Telematici).

5. Sono ammessi al Concorso d'ammissione al Corso di Laurea Magistrale in Matematica coloro che sono in possesso della Laurea nella classe L-35 Scienze Matematiche o nella classe L-32 delle lauree in Scienze Matematiche ex L. 509 oppure di altro titolo conseguito all'estero e riconosciuto equipollente dalla normativa vigente, a condizione che abbiano conseguito almeno 100 Crediti Formativi Universitari (CFU) nei settori MAT, FIS ed INF (di cui almeno 80 CFU nei settori MAT).
Sono ammessi anche coloro che sono in possesso di altra Laurea, a condizione che abbiano conseguito almeno 100 Crediti Formativi Universitari (CFU) nei settori MAT, FIS ed INF (di cui almeno 80 CFU nei settori MAT).
Sono ammessi, inoltre, coloro che prevedono di laurearsi entro il 31 dicembre dell'anno in corso.
L'iscrizione avviene a seguito del superamento di un Concorso di Ammissione che sarà espletato da un'apposita Commissione.
Agli studenti, a cui sono riconosciuti 180 CFU, sono attribuiti 18 punti; a coloro, a cui sono riconosciuti 100 CFU, sono attribuiti 10 punti; a coloro, a cui sono riconosciuti CFU tra 100 e 180, è attribuito un punteggio in proporzione a quelli dati sopra.
Il Concorso d'ammissione si articola in una prova scritta ed in un colloquio. La prova scritta ed il colloquio vertono su argomenti generali di matematica di base. Alla prova scritta è attribuito un massimo di 10 punti. La prova scritta s'intende superata solo se il candidato ottiene un punteggio non inferiore a 6. Al colloquio può essere attribuito un massimo di 10 punti. La prova orale s'intende superata solo se il candidato ottiene un punteggio non inferiore a 6.

Al termine delle prove, la Commissione stila due graduatorie distinte, basate sul punteggio complessivo riportato da ogni singolo candidato nella prova scritta e nel colloqio. Nella prima graduatoria sono inseriti gli studenti già in possesso del titolo di studio, nella seconda gli altri studenti. Le graduatorie sono rese pubbliche entro i termini indicati ogni anno nel bando d'ammissione.
I candidati che si trovano in posizione utile nella prima graduatoria stilata dalla Commissione possono iscriversi al Corso di Laurea Magistrale entro i termini indicati nel bando, di norma intorno al 15 ottobre. Se il numero d'iscritti risulta inferiore al numero programmato, i candidati, che si trovano in posizione utile nella seconda graduatoria, possono iscriversi al Corso di Laurea Magistrale in Matematica, non appena abbiano conseguito il titolo di studio e comunque non oltre il 31 dicembre dell'anno in corso.

6. L'attività di formazione si esprime per mezzo di corsi d'insegnamento, i cui contenuti sono presentati per mezzo di lezioni (termine con cui s'indica il lavoro fatto in aula: lezioni, esercitazioni, complementi e prove di verifica) ed attività di laboratori (per ogni insegnamento sono indicate le rispettive attività). Ogni Insegnamento corrisponde ad un ben preciso numero di crediti (5 oppure 10).

7. Le lezioni sono pubbliche. A queste possono partecipare anche studenti che non hanno completato l'iter amministrativo per l'immatricolazione o l'iscrizione.

8. Ad ogni studente immatricolato nel Corso di Laurea Magistrale in Matematica, entro il primo mese dall'inizio delle lezioni, è assegnato un docente-tutor, che segue la carriera universitaria dello studente, lo guida e consiglia nelle scelte.

9. Alla fine d'ogni insegnamento gli studenti iscritti devono ottenere una valutazione, che è espressa da una Commissione costituita, oltre che dal docente responsabile dell'Insegnamento, da almeno un altro componente.
La Commissione opera validamente con la presenza effettiva del Presidente e di almeno un secondo componente. Nella determinazione del risultato dell'accertamento del profitto dello studente da parte della Commissione la responsabilità della valutazione finale è collegiale.

10. La frequenza degli insegnamenti è obbligatoria. Essa è accertata dal docente responsabile dell'insegnamento. Gli studenti devono partecipare ad almeno il 70% delle lezioni ed esercitazioni di ogni corso.
Le prove d'accertamento del profitto, tenute nei periodi predisposti nel calendario accademico, sono parte dell'attività formativa. Lo studente ha il diritto di prendere visione delle proprie prove scritte e degli eventuali altri elaborati che ha prodotto e su cui si basa l'accertamento del profitto, dopo la loro correzione. Lo studente ha altresì il diritto di ricevere adeguate spiegazioni sulla valutazione delle prove e degli elaborati. Le prove d'accertamento del profitto sono pubbliche e pubblica è la comunicazione delle votazioni riportate dagli studenti.
I calendari delle prove per la valutazione del profitto per le singole attività formative sono resi pubblici dagli uffici di Facoltà, anche per via telematica, almeno quindici prima dell'inizio delle sessioni.
L'esame per un insegnamento è superato se la votazione ottenuta è non inferiore a diciotto trentesimi. Se il voto finale risultante risulta inferiore a diciotto trentesimi, il voto stesso non verrà attribuito. L'esito negativo non influisce né sulla votazione finale per il conseguimento del titolo di studio, né sulla carriera universitaria dello studente.
Le modalità d'accertamento del profitto e di determinazione del voto finale devono essere comunicate agli studenti nella prima settimana del corso. Una volta che siano state rese pubbliche, le date degli esami non possono essere in alcun caso anticipate.

11. Possono iscriversi come "regolarmente in corso" al secondo anno di corso di laurea specialistica gli studenti a tempo pieno che entro il mese di settembre del primo anno hanno acquisito 30 CFU.
Gli studenti che hanno maturato un numero di crediti inferiore vengono considerati "non regolarmente" in corso. Questi studenti potranno sostenere prove d'accertamento del profitto riguardanti attività formative dell'anno di corso cui sono iscritti, previa la frequenza dei corsi.

Gli studenti non a tempo pieno possono iscriversi come regolarmente in corso al secondo anno se hanno acquisito almeno 15 CFU, la terzo anno se hanno acquisito almeno 30 CFU e al quarto anno se hanno acquisito almeno 45 CFU. Altrimenti sono considerati come non regolarmente in corso.
Sono considerati “fuori corso” gli studenti che al termine della durata normale degli studi non hanno conseguito il titolo.

12. Entro il termine del 31 ottobre per coloro che si sono iscritti in base alla prima graduatoria, e del 31 gennaio per coloro che si sono iscritti in base all'eventuale seconda graduatoria, gli studenti sono tenuti a presentare al Presidente del Consiglio di Corso di Studio un piano di studio secondo la seguente modalità: gli studenti iscritti al primo anno indicano il percorso formativo e i relativi insegnamenti a scelta. Il piano di studio deve essere approvato dal Consiglio di Corso di Studio.
Gli studenti iscritti come "regolarmente in corso" al secondo anno di norma non sono tenuti a presentare alcun piano di studio.
Gli studenti, iscritti come "non regolarmente in corso" al secondo anno, devono presentare entro il 31 ottobre un piano di studio in cui, oltre ad inserire gli insegnamenti degli anni di corso precedenti non superati o i debiti formativi residui, possono inserire anche insegnamenti previsti per l'anno di corso al quale sono iscritti, la cui frequenza sia compatibile con l’orario delle lezioni. Il piano di studio deve essere approvato dal Consiglio di Corso di Studio.

13. Quando uno studente ha ottenuto tutti i crediti previsti dall’Ordinamento didattico del Corso di Studio in Matematica e dal suo piano di studi, tranne quelli relativi alla prova finale, è ammesso a sostenere la prova finale stessa per il conseguimento del titolo di studio.
La prova finale consiste nella redazione e discussione di un elaborato originale (tesi), in cui lo studente riporta i risultati ottenuti durante un periodo di ricerca di almeno un trimestre, svolto presso il Dipartimento di Matematica oppure presso altri istituti o enti di ricerca, pubblici o privati. In questo periodo lo studente è inserito all’interno di un gruppo di ricerca, ne condivide le metodiche, le tecnologie, le strumentazioni ed i tempi di lavoro e svolge in maniera autonoma un tema che ha scelto di concerto con il suo relatore.
La Commissione per la valutazione della tesi è composta da sette membri, di cui almeno cinque responsabili di insegnamento nella Facoltà di Scienze MM., FF., NN.
Le sessioni di laurea ordinarie si tengono seguendo il calendario della Facoltà.
Ai fini del superamento della prova finale è necessario conseguire il punteggio minimo di sessantasei centodecimi. Il punteggio massimo è di centodieci centodecimi con eventuale attribuzione della lode.
La votazione di partenza è data dalla media, pesata sul numero dei crediti, delle votazioni associate ai crediti fino al momento acquisiti, espressa come frazione di centodieci arrotondata al metodo standard. Le eventuali lodi concorrono alla determinazione del voto finale. Per determinare il voto di laurea la Commissione può aggiungere a questo punteggio:

- Da o a 9 punti per la valutazione della redazione e dell’esposizione dell’elaborato;
- 2 punti aggiuntivi agli studenti che conseguono la laurea nell’ultimo anno di corso;
- 1 punto aggiuntivo agli studenti che conseguono la laurea un anno dopo l’ultimo anno di corso.

La lode può essere attribuita solo se il punteggio finale supera il 110 e la Commissione è unanime nell’attribuzione.
La discussione della prova finale per il conferimento del titolo di studio è pubblica.

14. Ai laureati è rilasciato un Diploma con la denominazione della Laurea Magistrale conseguita e l’indicazione della classe, secondo quanto previsto dal Regolamento Didattico di Ateneo. Inoltre, è rilasciato, come Supplemento al Diploma, un certificato che riporta, secondo modelli conformi a quelli adottati dai Paesi europei, le principali indicazioni relative agli insegnamenti superati, i crediti associati e la votazione ottenuta. In questo certificato sono anche descritte in maniera succinta le altre attività formative seguite dallo studente, con il loro valore in crediti e le votazioni riportate.

15. Lo studente, interessato al riconoscimento d’attività formative che intende svolgere all’estero, è tenuto a presentare in tempo utile una domanda al Consiglio di Corso di Studio, allegando la documentazione disponibile relativa alle attività formative che intende seguire all’estero (compresi il numero di crediti ed una descrizione del contenuto di ciascuna attività formativa, il numero di ore di lezione e di esercitazioni, e le modalità di accertamento del profitto) e di cui intende richiedere il riconoscimento. Il Consiglio di Corso di Studio per la Laurea Magistrale delibera entro 45 giorni dal ricevimento della domanda.
Al termine del periodo di permanenza all’estero, sulla base della documentazione e della certificazione esibita dallo studente, il Consiglio di Corso di Studio delibera il riconoscimento delle frequenze, delle attività formative, dei relativi settori scientifico-disciplinari, dei crediti, e dell’esito dell’accertamento del profitto, in modo che siano direttamente riferibili ad attività formative previste nel piano di studio dello studente.

16. E’ facoltà degli studenti chiedere, all’atto dell’immatricolazione, l’iscrizione “non a tempo pieno” al Corso di Studio, prevedendo un percorso formativo di quattro anni articolato su un impegno medio annuo dello studente corrispondente all’acquisizione di 30 crediti.
L'articolazione dei crediti prevista per gli studenti a tempo parziale è assegnata all’atto dell’immatricolazione per via istituzionale, tenuto conto degli Insegnamenti sotto riportati.
Lo studente, però, può proporre una diversa distribuzione annuale degli insegnamenti, nel rispetto del numero annuale dei crediti e delle eventuali propedeuticità tra i corsi. Questa proposta deve essere espressa attraverso il piano di studio, i cui termini di scadenza sono identici a quelli indicati per gli studenti “a tempo pieno”.
Ogni singolo percorso formativo, proposto dallo studente e diverso da quello istituzionale, deve essere approvato dal Consiglio di Corso di Studio in seguito alla domanda presentata dallo studente con i tempi e le modalità indicati nel presente regolamento.
La scelta “non a tempo pieno” non modifica in alcun modo la durata del corso legale (due anni, secondo il regolamento vigente) per il riscatto degli anni ai fini pensionistici. Sui certificati è indicata la durata legale del corso, valida ai fini pensionistici, e la durata concordata del corso, che riguarda l’organizzazione didattica del corso stesso. Inoltre, la scelta da parte dello studente di iscriversi “non a tempo pieno” non influisce in alcun modo né nel calcolo delle graduatorie di ammissione al corso di laurea, né nel computo del numero di domande di immatricolazione ricevute, ai fini della determinazione del numero di studenti immatricolabili al corso di laurea.
La richiesta d’iscrizione a tempo parziale può essere effettuata una sola volta.
Lo studente iscritto in modalità “non a tempo pieno” paga le tasse di iscrizione in misura pari al 50% di quella ordinaria da lui dovuta. La quantificazione ridotta delle tasse per gli studenti “non a tempo pieno” è valida soltanto per il periodo concordato nel proprio percorso formativo.
Se lo studente non completa il percorso nella durata concordata, diventa studente “non regolarmente in corso” e deve versare le tasse nella misura ordinaria da lui dovuta.
Lo studente impegnato “a tempo pieno” negli studi può chiedere di passare al percorso formativo riservato agli studenti impegnati “non a tempo pieno”, indicando l’anno cui chiede di essere iscritto. Analogamente, lo studente impegnato “non a tempo pieno” può chiedere di passare al percorso formativo riservato agli studenti impegnati “a tempo pieno”, indicando l’anno cui chiede di essere iscritto. In entrambi i casi:
a) lo studente deve inoltrare la richiesta al Presidente del Consiglio di Corso di Studio tra il 1° giugno e il 10 settembre, specificando il tipo di percorso scelto ed allegando opportuna certificazione riguardante la sua carriera universitaria;
b) il passaggio da un percorso all’altro, qualora approvato dal Consiglio di Corso di Studio, ha luogo dall'inizio dell'anno accademico immediatamente successivo;
c) il Consiglio di Corso di Studio valuta ciascuna richiesta ricevuta in base al piano di studi ed ai crediti acquisiti dallo studente e delibera, entro il 10 ottobre, l’accoglimento o meno della domanda e l’anno di corso d’iscrizione corrispondente al percorso scelto.
Al fine di determinare l’anno d’iscrizione, il Consiglio di Corso di Studio considera le seguenti linee guida (subordinate al numero di crediti acquisiti dallo studente):
un anno “a tempo pieno” è in genere considerato pari a due anni “non a tempo pieno”;
due anni “non a tempo pieno” sono in genere considerati pari ad un anno “a tempo pieno”.

Lo studente può effettuare un solo passaggio da un percorso all'altro nel corso della sua carriera.

17. Possono essere ammessi al Corso di Studio gli studenti precedentemente iscritti ad un altro Corso di Studio per la Laurea Magistrale dell'Università della Calabria, ovvero ad un Corso di studio per la Laurea Magistrale di altra Università, secondo le modalità previste nell'art. 5.
Al Consiglio di Corso di Studio per la Laurea Magistrale in Matematica compete il riconoscimento totale o parziale dei crediti acquisiti da uno studente nello stesso o altro corso di Laurea Magistrale ai fini della prosecuzione degli studi nel Corso di Studio per la Laurea Magistrale in Matematica. Compete, inoltre, allo stesso Consiglio di Corso di Studio la valutazione del possesso dei requisiti curriculari e dell'adeguata preparazione iniziale.
Alla domanda intesa ad ottenere il nulla-osta al trasferimento al Corso di Laurea Magistrale in Matematica dell'Università della Calabria da altro Ateneo deve essere allegata la certificazione o l'autocertificazione attestante l'anno d'immatricolazione, la denominazione dei contenuti di ciascuna delle attività formative, allegando copia dei programmi, per le quali lo studente ha acquisito crediti nell'Università di provenienza, la data del superamento dei relativi esami o delle prove di accertamento del profitto, e la votazione eventualmente riportata, nonché l'attestazione dell'attività di tirocinio eventualmente svolta.
Le domande di passaggio o di trasferimento potranno essere accolte senza possibilità di deroghe, solo se il numero degli studenti iscritti a quel anno di corso è inferiore a quello dei posti a suo tempo messi a concorso per l'immatricolazione al Corso di Studio per la Laurea Magistrale in Matematica.
La domanda deve pervenire tra l'1 giugno ed il 10 settembre d'ogni anno.
Il Consiglio di Corso di Laurea specialistica delibera entro il 10 ottobre successivo.
Le domande di passaggio tra Corsi di Studio per la Laurea Magistrale della Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali di studenti iscritti al primo anno possono essere presentate anche anteriormente al 1° giugno.
La richiesta di passaggio, se accolta, ha effetto dalla data d'inizio del periodo didattico immediatamente successivo alla data della delibera del Consiglio di Corso di Studio per la Laurea Magistrale.
La domanda di passaggio tra Corsi di Studio per la Laurea Magistrale della Facoltà di Scienze MM., FF., NN. può essere accolta, senza possibilità di deroghe, solo se il numero degli studenti iscritti al primo anno di corso è inferiore a quello dei posti messi a concorso per l'immatricolazione in quel anno accademico al Corso di Studio per la Laurea Magistrale in Matematica e se lo studente è in possesso del titolo di studio necessario per l'immatricolazione al Corso di Studio, come previsto nell'art. 5.

18. Il Manifesto degli Studi contiene in Allegato l'articolazione degli Insegnamenti del Corso di Laurea Magistrale in Matematica in anni e semestri (per gli studenti "a tempo pieno" e per gli studenti "non a tempo pieno", le equivalenze tra gli Insegnamenti del DM. 509 e del DM. 270 e per quelli del V. O., le propedeuticità e le schede dei programmi degli Insegnamenti.

ALLEGATI

1. MANIFESTO DEGLI STUDI PER LA LAUREA MAGISTRALE IN MATEMATICA PER GLI STUDENTI A TEMPO PIENO (A. A. 2009-2010)

CURRICULUM ANALITICO-GEOMETRICO

PRIMO ANNO

PRIMO SEMESTRE			
Geometria algebrica	MAT/03	10 CFU	Caratterizzante
Istituzioni di Analisi superiore	MAT/05	10 CFU	Caratterizzante

Equazioni e Teoria di Galois	MAT/04	10 CFU	Affine
SECONDO SEMESTRE			
Analisi numerica 1	MAT/08	5 CFU	Caratterizzante
Algebra superiore	MAT/02	10 CFU	Caratterizzante
Logica matematica	MAT/01	5 CFU	Caratterizzante
Teoria della relatività generale	FIS/05	5 CFU	Affine
Informatica avanzata	INF/01	5 CFU	Affine + altro

SECONDO ANNO

PRIMO SEMESTRE			
Geometria superiore	MAT/03	10 CFU	Caratterizzante
Equazioni differenziali	MAT/05	10 CFU	Caratterizzante
Corso a scelta dello studente[1]		10 CFU	A scelta
SECONDO SEMESTRE			
Elaborato finale		30 CFU	Prova finale

CURRICULUM MODELLISTICO-APPLICATIVO

PRIMO ANNO

PRIMO SEMESTRE			
Geometria algebrica	MAT/03	10 CFU	Caratterizzante
Istituzioni di Analisi superiore	MAT/05	10 CFU	Caratterizzante
Equazioni e Teoria di Galois	MAT/04	10 CFU	Affine
SECONDO SEMESTRE			
Analisi numerica 1	MAT/08	5 CFU	Caratterizzante
Algebra superiore	MAT/02	10 CFU	Caratterizzante
Logica matematica	MAT/01	5 CFU	Caratterizzante
Teoria della relatività generale	FIS/05	5 CFU	Affine
Informatica avanzata	INF/01	5 CFU	Affine + altro

SECONDO ANNO

PRIMO SEMESTRE			
Probabilità	MAT/06	10 CFU	Caratterizzante
Fisica matematica avanzata	MAT/07	10 CFU	Caratterizzante
Corso a scelta dello studente[1]		10 CFU	A scelta
SECONDO SEMESTRE			
Elaborato finale		30 CFU	Prova finale

[1] Per i 10 CFU a scelta di ogni percorso il Corso di Studio sollecita di completare la propria formazione offrendo queste possibilità:
per il percorso *analitico-geometrico*: Analisi funzionale (MAT/05, 10 CFU) oppure Strumenti di Analisi matematica per l'economia (MAT/05, 5 CFU) e Metodi analitici per la programmazione e il controllo (MAT/05, 5 CFU);
per il percorso *modellistico-applicativo*: Analisi numerica 2 (MAT/08, 10 CFU).

2. EQUIVALENZE PER LA CONVALIDA DELLE ATTIVITÀ FORMATIVE DEI PREVIGENTI ORDINAMENTI

2.1. DAL DM 509 AL DM 270

ORDINAMENTO DM 509	*ORDINAMENTO DM 270*
Introduzione alla geometria algebrica	*Geometria algebrica, parte I*
Successioni e serie di funzioni	*Analisi matematica 4, parte II*
Calcolo numerico 2	*Calcolo numerico e Programmazione, parte II*
Meccanica dei continui	*Fisica matematica avanzata, parte II (Laurea magistrale)*
Algebra commutativa	*Algebra superiore, parte I*
Teoria della misura e probabilità	*Probabilità, parte I*
La teoria delle equazioni: teoria di Galois	*Teoria delle equazioni, parte II*
Analisi Funzionale 1	*Analisi funzionale, parte I*
Logica matematica	*Logica matematica*
Probabilità e processi stocastici	*Probabilità, parte II*
Topologia algebrica	*Geometria superiore, parte II*
Analisi numerica 1	*Analisi numerica 1*
Geometria algebrica	*Geometria algebrica, parte II*
Spazi di funzioni	*Istituzioni di Analisi superiore, parte I*
Elettromagnetismo	*Elettricità e Magnetismo, parte II*
Informatica 3	*Informatica avanzata*
Analisi funzionale 2	*Analisi funzionale, parte II*
Strumenti matematici per l'economia	*Strumenti matematici per l'economia oppure*
Equazioni differenziali ordinarie	*Equazioni differenziali, parte I*
Fisica matematica avanzata	*Fisica, matematica avanzata, parte I*
Fenomeni ondulatori	*Teoria della relatività generale*
Analisi numerica 2	*Analisi numerica 2, parte II*
Complementi di geometria	*Geometria superiore, parte II*
Equazioni a derivate parziali	*Equazioni differenziali, parte II*
Analisi numerica 3	*Analisi numerica 2, parte I*

2.2. DAL VECCHIO ORDINAMENTO AL DM 270

Gli eventuali studenti del Vecchio Ordinamento (in vigore prima del DM 509) possono avere l'equivalenza con corsi del DM 270. Per ogni corso V. O. l'equivalenza sarà trovata di volta in volta, a condizione che gli studenti interessati ne facciano richiesta al Consiglio di Corso di Laurea in Matematica.

3. PROPEDEUTICITÀ

Non sono stabilite propedeuticità.

4. Manifesto degli Studi per la Laurea Magistrale in Matematica per gli studenti non a tempo pieno (A. A. 2009-2010)

Percorso analitico-geometrico

Primo Anno

Geometria algebrica	MAT/03	10 CFU	Caratterizzante
Istituzioni di Analisi superiore	MAT/05	10 CFU	Caratterizzante
Logica matematica	MAT/01	5 CFU	Caratterizzante
Informatica avanzata	INF/01	5 CFU	Affine + Altro

Secondo Anno

Insegnamento	SSD	CFU	Tipologia
Equazioni e teoria di Galois	MAT/04	10 CFU	Affine
Analisi numerica 1	MAT/08	5 CFU	Caratterizzante
Algebra superiore	MAT/02	10 CFU	Caratterizzante
Teoria della relatività generale	FIS/05	5 CFU	Affine

Terzo Anno

Geometria superiore	MAT/03	10 CFU	Caratterizzante
Equazioni differenziali	MAT/05	10 CFU	Caratterizzante
A scelta dello studente		10 CFU	A scelta

Quarto Anno

Elaborato Finale		30 CFU	Prova finale

Percorso modellistico-applicativo

Primo Anno

Geometria algebrica	MAT/03	10 CFU	Caratterizzante
Istituzioni di Analisi superiore	MAT/05	10 CFU	Caratterizzante
Logica matematica	MAT/01	5 CFU	Caratterizzante
Informatica avanzata	INF/01	5 CFU	Affine + Altro

Secondo Anno

Insegnamento	SSD	CFU	Tipologia
Equazioni e teoria di Galois	MAT/04	10 CFU	Affine
Analisi numerica 1	MAT/08	5 CFU	Caratterizzante
Algebra superiore	MAT/02	10 CFU	Caratterizzante
Teoria della relatività generale	FIS/05	5 CFU	Affine

TERZO ANNO

Probabilità	MAT/06	10 CFU	Caratterizzante
Fisica matematica avanzata	MAT/07	10 CFU	Caratterizzante
Corso a scelta dello studente[1]		10 CFU	A scelta

QUARTO ANNO

Elaborato Finale		30 CFU	Prova finale

[1] Per i 10 CFU a scelta di ogni percorso il Corso di Studio sollecita di completare la propria formazione offrendo queste possibilità:
per il percorso *analitico-geometrico*: Analisi funzionale (MAT/05, 10 CFU) oppure Strumenti di Analisi matematica per l'economia (MAT/05, 5 CFU) e Metodi analitici per la programmazione e il controllo (MAT/05, 5 CFU);
per il percorso *modellistico-applicativo*: Analisi numerica 2 (MAT/08, 10 CFU).

5. SCHEDE DEI PROGRAMMI DEGLI INSEGNAMENTI PER LA LAUREA MAGISTRALE IN MATEMATICA

PRIMO ANNO – CORSI COMUNI A DUE *CURRICULA*

PRIMO SEMESTRE

GEOMETRIA ALGEBRICA (MAT/03, caratterizzante, 10 CFU, Lezioni)

PARTE PRIMA

1. Anelli e ideali - Anelli di polinomi – Anelli Noetheriani e anelli Artiniani - Spazi affini. Spazi proiettivi - Il birapporto - Il risultante di due polinomi - Il discriminante. Varieta' affini e proiettive - La topologia di Zariski – Il Teorema degli Zeri di Hilbert. Dimensione di una varietà affine o proiettiva – Grado di una varietà affine o proiettiva.
Morfismi affini e morfismi proiettivi – Le immersioni di Segre e di Veronese. Scoppiamenti - Curve piane – Cono tangente e singolarita' di curve piane – Il teorema di Bezout. Sistemi lineari di curve piane – Coniche – Cubiche e legge di gruppo – Curva duale e formule di Plucker.

PARTE SECONDA

2. Funzioni periodiche di variabile complessa – Funzioni ellittiche e loro proprietà – La funzione di Weierstrass e il teorema di addizione – Il campo delle funzioni ellittiche – Immersione di un toro complesso in P^2 per mezzo della funzione di Weierstrass - Interpretazione analitica della legge di gruppo su una cubica liscia – Integrali ellittici e periodi associati ad una cubica liscia – Funzioni theta e loro proprietà – Immersione di un toro complesso in P^3 per mezzo delle funzioni theta generalizzate – Costruzione di funzioni ellittiche per mezzo delle funzioni theta.

ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE (MAT/05, caratterizzante, 10 CFU, Lezioni)

PARTE PRIMA

1. Misura di Lebesgue in R^n: Funzioni misurabili.
2. Integrale di Lebesgue.

3. Spazi di Lebesgue.

PARTE SECONDA

5. Risultati di convergenza.
6. Derivazione.
7. Spazi di Sobolev.

EQUAZIONI E TEORIA DI GALOIS (MAT/04, affine, 10 CFU, Lezioni)

PARTE PRIMA

Storia dell'Algebra
1. Dall'Aritmetica all'Algebra: i matematici greci tra geometria e aritmetica verso l'algebra. Il secondo libro degli *Elementi* di Euclide. I *Libri aritmetici* di Diofanto.
2. I matematici arabi e le origini dell'Algebra. Al-Kuwarizmi e il primo scritto di Algebra.
3. Gli Algebristi del Cinquecento. G. Cardano. N. Tartaglia. R. Bombelli.
4. La "nuova" Algebra: da Fr. Viète, a A. Girard, a R. Descartes, a J. Wallis.
5. Il teorema fondamentale dell'algebra.
6. J. Lagrange, P. Ruffini, N. H. Abel e E. Galois. Dall'algebra delle equazioni all'algebra delle strutture.

PARTE SECONDA

Equazioni e Teoria di Galois
7. I campi numerici. La "caratteristica" di un campo. L'estensione. Numeri algebrici e trascendenti.
8. Irriducibilità dei polinomi. Lemma di Gauss. Criterio di Esenstein.
9. Estensioni algebriche. Polinomi minimi. Polinomio derivato.
10. Isomorfismo tra polinomi. Estensioni finite. Corrispondenza di Galois. Gruppo di Galois. Campo di spezzamento.
11. Le costruzioni con riga e compasso. Problemi risolubili con riga e compasso. Polinomi regolari.
12. Le estensioni ciclotomiche. Gruppi finiti. I gruppi semplici e i gruppi risolubili. Equazioni non risolubili per radicali. Monomorfismi. Automorfismi. Polinomi simmetrici. Campi finiti.
13. Equazioni generali di secondo, terzo e quarto grado.
14. Estensione pura. Estensione normale. Gruppo transitivo. Estensione separabile. Metodo pratico per individuare il gruppo di Galois di un polinomio di terzo grado.

SECONDO SEMESTRE

ANALISI NUMERICA 1 (MAT/08, caratterizzante, 5 CFU, Lezioni)

Obiettivi

Introduzione ai metodi e alle tecniche in teoria dell'approssimazione

Prerequisiti
Calcolo differenziale e integrale in più dimensioni. Successioni e serie numeriche di funzioni reali. Spazi di funzioni. Elementi di analisi funzionale. Calcolo numerico e programmazione.

Testi consigliati
Dispense del corso
Davis, *Interpolation and approximation*, Dover Pub. Inc., New York
R. De Vore , G. Lorentz, *Constructive Approximation*, Springer, 1991

Contenuti

1. Interpolazione
   1.1 Il problema generale dell'interpolazione finite
   1.2 Teorema di esistenza e unicità
   1.3 Esempi
   1.4 Limiti del resto di Cauchy
   1.5 Polinomi di Chebyshev
   1.6 Lemma di Peano e sue conseguenze
   1.7 Cenni sulla convergenza
2. Approssimazione uniforme
   2.1 Il teorema di Weierstrass nelle diverse formulazioni
   2.2 Dimostrazione di Bernstein: Polinomi di Bernstein e operatore di Bernstein
   2.3 L'operatore di Bernstein e quello di Taylor
   2.4 Stima del resto
   2.5 Teorema di Voronoscaja
   2.6 Sviluppo asintotico dell'operatore di Bernstein (rispetto al grado)
   2.7 Accelerazione della convergenza: l'operatore estrapolato
   2.8 Calcolo efficiente dell'operatore di Bernstein
   2.9 Generalizzazione del teorema di Weierstrass
3. Migliore approssimazione
   3.1 Il problema fondamentale dell'approssimazione lineare
   3.2 Esistenza
   3.3 Unicità
   3.4 Unicità della migliore uniforme approssimazione
   3.5 Algoritmo di Remes
4 Polinomi di Appel
   4.1 Equivalenza di definizioni
   4.2 Polinomi di Bernoulli
   4.3 Funzionali di Appel e polinomi di interpolazione connesso.

ALGEBRA SUPERIORE (MAT/02, caratterizzante, 10 CFU, Lezioni)

Il corso di algebra superiore fornisce il materiale algebrico necessario sia per l'introduzione alla geometria algebrica ed alla teoria algebrica dei numeri sia per la comprensione delle tecniche della topologia algebrica.
Il corso è suddiviso in due parti. Il materiale bibliografico fondamentale è il libro di Atiyah e MacDonald "Introduction to Commutative Algebra". Altri testi utili sono Eisenbud "Commutative Algebra: with a view toward algebraic geometry" e Marcus "Number Fields".

PROGRAMMA

PARTE PRIMA

1. Anelli ed Ideali: Anelli e omomorfismi di anelli, ideali, anelli quoziente, divisori dello zero, elementi nilpotenti, unità, ideali primi e massimali, teorema cinese, ideale di Jacobson, estensioni e contrazioni di ideali.

2. Moduli: Moduli ed omomorfismi di moduli, sottomoduli e quozienti di moduli, operazioni su sottomoduli, somma diretta e prodotto diretto, moduli finitamente generati, lemma di Nakayama, successioni esatte, prodotto tensoriale di moduli, restrizione ed estensione di scalari, proprietà di esattezza del prodotto tensoriale.

3. Localizzazione: anelli e moduli localizzati, proprietà di esattezza della localizzazione, prodotto tensoriale e localizzazione, principio locale – globale.

4. Catene: catene ascendenti e discendenti, moduli noetheriani ed artiniani.

5. Anelli noetheriani e artiniani: Teorema di Hilbert.

PARTE SECONDA

1. Dipendenza integrale e valutazioni: dipendenza integrale, anelli di valutazione, estensioni algebriche, campi di numeri.

2. Anelli di valutazione discreta e domini di Dedekind: ideali frazionari, anelli degli interi di campi di numeri (traccia, norma, discriminante).

3. Decomposizione primaria: Esistenza ed unicità della decomposizione primaria, componenti immerse, localizzazione e decomposizione primaria, componenti primarie isolate.

3. Fattorizzazione degli ideali: Fattorizzazione unica degli ideali in anelli di Dedekind, teoremi di Kummer e Dedekind, gruppo delle classi. Esempi: campi quadratici e campi ciclotomici.

4. Completamenti.

5. Teoria della dimensione: Funzioni di Hilbert, teoria della dimensione in anelli locali noetheriani, anelli locali regolari, dimensione trascendente.

LOGICA MATEMATICA (MAT/01, caratterizzante, 5 CFU, Lezioni)

1. Linguaggi elementari di tipo τ, L_τ. La categoria M_τ delle τ-strutture: sottostrutture, strutture quozienti, prodotti, ultraprodotti e limiti diretti in M_τ.
2. Interpretazione di L_τ in M_τ. La connessione di Galois $L_\tau \underset{Th}{\overset{Mod}{\leftrightarrow}} M\tau$.
3. Classi elementari di τ-strutture. Classi equazionali di τ-algebre. Teorema di Birkhoff.
4. Teorema di compattezza e applicazioni all'algebra: principio di localizzazione di Malcev.
5. Limiti espressivi dei linguaggi elementari.

TEORIA DELLA RELATIVITÀ GENERALE (FIS/05, affine, 5 CFU, Lezioni)

1. **I Principi della Relatività Generale.**
Principio di covarianza generale. Vettori contro-varianti e covettori.
Concetto di tensore. Trasformazione di Tensore. Il tensore elettromagnetico.
Principio di Equivalenza. Tensore metrico.

2. Il formalismo della Relatività generale.
Connessione metrica. equazioni covarianti. Variazione covariante di tensori.
Calcolo della connessione metrica. Equazione geodetica. Red-shift gravitazionale.
Trasporto parallelo. Tensore di Riemann. Accelerazione Tidale. Equazione della deviazione geodetica.

3. Le equazioni della teoria.
Legge di gravitazione di Newton in forma differenziale. Tensore densità del momento. Identità di Bianchi. Equazione di Einstein. Equazione del moto nel campo gravitazionale in approssimazione newtoniana. l'Equazione di Einstein in assenza di materia; l'approssimazione campo debole.

4. Effetti predetti dalla teoria.
Onde gravitazionali. Metrica di Schwartzwild. Principi variazionali e leggi di conservazione nella metrica di Schwartzwild. L'equazione della traiettoria di un corpo nella metrica di Schwartzwild. Avanzamento del perielio di Mercurio. Raggio di Schwartzwild. Buchi neri. Ritardo dell'eco radar.

INFORMATICA AVANZATA (INF/01, affine + altro, 5 CFU, Lezioni)

Il corso è concentrato sulla *Decidibilita` e Complessita`* e si propone di fornire le conoscenze di base della teoria della calcolabilità e della complessità computazionale.
Al termine del corso, gli studenti saranno in grado di capire cos’è un problema indecidibile o intrinsecamente difficile ed eventualmente dimostrare tali proprietà mediante l’applicazione dei teoremi studiati durante il corso o mediante l’uso di tecniche basate sulla riduzione tra problemi.

PROGRAMMA

- Introduzione al corso.
    - Ciò che si può risolvere e ciò che non si può risolvere (Decidibilita`/Calcolabilità).
    - Ciò che si può risolvere: a che costo? (Complessità)

- Macchine di Turing.
    - Modelli di calcolo astratti.
    - Macchine di Turing multitraccia e multinastro.
    - Simulazione di una macchina multinastro con una mononastro e costi di esecuzione.
    - Macchine di Turing non deterministiche.

- Linguaggi Formali.
    - Problemi di decisione e linguaggi formali.
    - Riducibilità tra problemi/linguaggi.
    - Linguaggi ricorsivamente enumerabili, linguaggi ricorsivi.
    - Teoremi sul complemento dei linguaggi.
    - Il linguaggio Ld ed il linguaggio Lu.

- Decidibilita` ed indecidibilita`.
    - Teorema di indecidibilita` del problema della fermata.
    - Tecniche di diagonalizzazione.
    - Teorema di Rice (indecidibilita`).
    - Indecidibilita` in logica.
    - Teorema di incompletezza di Gödel.

- Complessita` Computazionale.
    - Valutazione dei costi di esecuzione in termini di tempo e di spazio.
    - Una gerarchia di classi di complessità.
    - Problemi Polinomiali e problemi NP.
    - Concetto di riduzione polinomiale tra problemi.
    - Problemi NP-ardui ed NP-completi.
    - Teorema di Cook.
    - Altre classi di complessità: (i) la classe co-NP, (ii) problemi nell’intersezione tra NP e co-NP.

SECONDO ANNO

PRIMO SEMESTRE

CURRICULUM ANALITICO-GEOMETRICO

GEOMETRIA SUPERIORE (MAT/03, caratterizzante, 10 CFU, Lezioni)

PARTE PRIMA

Introduzione. L'algebra esterna. La coomologia di de Rham. Complessi di catene e coomologia. La seguenza di Mayer-Vietoris. Omotopia. Applicazioni della coomologia di de Rham. Varietà differenziabili. Forme differenziabili sulle varietà differenziabili. Integrazione sulle varietà. Grado, numeri di intrecciamento ed indice di campi vettoriali. Il teorema di Poincaré-Hopf. Dualità di Poincaré.

PARTE SECONDA

Lo spazio complesso proiettivo. Fibrati e fibrati vettoriali. Operazioni su fibrati vettoriali e le loro sezioni. Connessioni e curvatura. Classi caratteristiche di fibrati vettoriali complessi. La classe di Eulero. Coomologia di spazi proiettivi e di Grassmanniane. Isomorfismo di Thom e la formula di Gauss-Bonnet.

ANALISI FUNZIONALE (MAT/05, a scelta, 10 CFU, Lezioni)

PARTE PRIMA

1. Spazi metrici.
2. Spazi normati.
3. Spazi di Banach.
4. Spazi di Hilbert.
5. Teoremi fondamentali per gli spazi di Banach.

PARTE SECONDA

6. Teoria spettrale lineare.

EQUAZIONI DIFFERENZIALI (MAT/05, caratterizzante, 10 CFU, Lezioni)

PARTE PRIMA

1. Equazioni differenziali ordinarie

PARTE SECONDA

2. Equazioni differenziali alle derivate parziali
3. Calcolo delle variazioni

STRUMENTI MATEMATICI PER L'ECONOMIA (MAT/05, A SCELTA, 5 CFU, LEZIONI)

Parte prima: *Matematica e problemi economici*: il mercato, i costi, la produzione.

Parte seconda: *Statistica per l'economia*: statistica inferenziale, le stime in campo economico, la verifica di ipotesi statistiche applicate al mercato.
Parte terza: *Modelli matematici per l'economia*: teoria dei giochi ed equilibrio di Nash, il sistema preda-predatore.

CURRICULUM MODELLISTICO-APPLICATIVO

PROBABILITÀ (MAT/06, caratterizzante, 10 CFU, Lezioni)

PARTE PRIMA

1. Cenno all'integrale di Stieltjes-Lebesgue. Spazi di probabilità. Speranza matematica come integrale in dP. Speranza matematica condizionale. Leggi normali multivariate. Teorema di Cramér. Funzioni generatrici. Somme aleatorie. Generatori aleatori e simulazione. Metodo di Monte Carlo.

2. Vari modi di convergenza di successioni di variabili aleatorie: quasi certa, in probabilità, in media, media quadratica, in legge. Funzioni caratteristiche. Unicità e inversione. Teoremi di convergenza. Convergenza debole delle misure. Numeri normali. Lemma di Borel-Cantelli. Disuguaglianza di Kolmogorov. Convergenza delle serie aleatorie. Leggi forti dei grandi numeri nelle varie versioni. Il Teorema Centrale del Limite e sue ramificazioni. Legge del logaritmo iterato. Legge 0-1.

PARTE SECONDA

3. Processi stocastici e loro classificazione. Catene di Markov numerabili. Passeggiate aleatorie. Comportamento asintotico. Caso delle barriere assorbenti. Processi stocastici di diffusione. Moto browniano. Processo di Wiener. Processo di Ornstein-Uhlenbeck. Cenno alle equazioni differenziali stocastiche.

FISICA MATEMATICA AVANZATA (MAT/07, caratterizzante, 10 CFU, Lezioni)

PREREQUISITI.

1. Teoria degli operatori lineari in spazi di Hilbert complessi: operatori limitati, autoaggiunti, unitari. Proiettori. Teoria spettrale in spazi di Hilbert
2. Concetto di Gruppo. Gruppo delle isometrie dello spazio euclideo tri-dimensionale. Trasformazioni di Galileo.

PARTE PRIMA

1. **L'avvento della fisica quantistica.**
Inadeguatezza dei paradigmi della Fisica Classica: l'esperimento della doppia fenditura.
Il formalismo Matematico della teoria quantistica. operatori in spazi di Hilbert.
Teorema spettrale. Risoluzioni dell'identita': di un proiettore,
dell'operatore di moltiplicazione. Funzioni di operatori. Operatori Unitari.

2. **Teoria quantistica generale**.
Formulazione della teoria quantistica generale secondo l'assiomatica di
Von Neumann. Concetti primitivi: osservabili e R-functions. Interpretazione.
Il sistema di assiomi. Implicazioni generali: caratterizzazione matematica della
compatibilità tra osservabili. Rappresentazione delle R-functions:
operatori densita', teorema di Von Neumann.

rappresentazione delle osservabili 1-0. Significato Fisico dello spettro.
Correlazioni quantistiche. Rivelazione indiretta di osservabili incompatibili.
Dinamica quantistica. Gli schemi di Heisenberg e di Schroedinger.
Equazione di evoluzione temporale.

3. **Applicazioni.**
Il primo e il secondo problema della quantizzazione.
Quantizzazione canonica. La particella libera non relativistica.
L'atomo idrogenoide. L'oscillatore armonico. La radiazione di corpo nero.
Quantum computation.

PARTE SECONDA

4. **La particella localizzabile con simmetrie Euclidee: Il formalismo quantistico**.
Teorema di Wigner. Gruppi di trasformazioni. Interpretazione attiva. Simmetrie quantistiche. Rappresentazione quantistica delle simmetrie attraverso rappresentazioni proiettive. Rappresentazioni proiettive di gruppi a un paramentro. Generatori delle rappresentazioni dei gruppi a 1 parametro.
Riducibilita' di rappresentazioni proiettive. Caratterizzazione della riducibiltà.
Particella Galileiana: commutatori di generatori corrispondenti a trasformazioni commutanti. Commutatori di generatori corrispondenti a trasformazioni non commutanti.
Coppie di Schroedinger. Irriducibilita' delle coppie di Schroedinger.
Equivalenza tra CCR e regole di commutazione di Weyl. Equivalenza tra le rappresentazioni dell CCR: Teorema di Stone - von Neumann. Rappresentazione di Scroedinger della teoria di una particella localizzabile.
Generalizzazione attraverso il teorema di imprimitività.

4. **Simmetrie Galieiane: Identificazione tra operatori e osservabili fisiche**.
Relazione tra generatore delle traslazioni spaziali e velocita'.
Forma dell'operatore hamiltoniano. Identificazione di operatori con osservabili.
Trattazione quantistisca dell'esperimento della doppia fenditura.

5. **Il secondo problema della quantizzazione, senza simmetrie.**
Gruppi di trasformazioni non di simmetria. Intepretazione passiva.
Recupero della relazione di imprimitivita' per particelle localizzazibili.
Condizioni per l'identificazione tra osservabili e operatori.

6. **Il primo problema della quantizzazione.**
L'approccio della scuola di Ginevra.
L'approccio della scuola di Marburgo.

ANALISI NUMERICA 2 (MAT/08, a scelta, 10 CFU, Lezioni)

Obiettivi
Acquisizione dei principali metodi per la soluzione numerica di problemi differenziali con valore al bordo in una e due dimensioni.
Prerequisiti
Calcolo differenziale e integrale in più dimensioni. Successioni e serie numeriche e di funzioni reali. Spazi di funzioni. Elementi di analisi funzionale. Algebra lineare numerica. Equazioni differenziali ordinarie e alle derivate parziali. Calcolo numerico e programmazione.
Testi consigliati
Dispense del corso
P. Henrici, *Discrete variable methods in Ordinary Differential Equations*, Wiley, New York, 1962.
J. Boyd, *Chebyshev and Fourier Spectral Method*, Springer. (1989).

C.Canuto, M.Hussaini, A.Quarteroni and T.Zang, *Spectral Methods in Fluid Dynamics* , Springer Verlag (Berlin and New York), 1990.

CONTENUTI

PARTE PRIMA

1**.** Problemi in una dimensione
- 1.1 Introduzione e posizione del problema
- 1.2 Problemi della classe M: esistenza e unicità della soluzione (dimostrazione)
- 1.3 Metodi alle differenze finite
- 1.4 Il caso lineare: esistenza e unicità della soluzione
- 1.5 Algoritmo di Thomas per la soluzione di sistemi lineari
- 1.6 Stima dell'errore
- 1.7 Il caso non lineare: metodo di Newton per sistemi non lineari
- 1.8 Metodi di collocazione
- 1.9 Metodo di Galerkin
- 1.10 Metodo degli elementi finiti (cenni)

PARTE SECONDA

2. Problemi in due dimensioni
- 2.1 Introduzione ed esempi
- 2.2 Necessità di metodi numerici
- 2.3 Equazioni a derivate parziali; classificazione delle equazioni lineari del 2° ordine
- 2.4 Metodi alle differenze finite
- 2.5 L'equazione di Poisson in un rettangolo
- 2.6 Il problema discretizzato: esistenza e unicità della soluzione (dimostrazione)
- 2.7 Errore di troncamento e convergenza
- 2.8 Calcolo numerico della soluzione: fattorizzazione di Cholesky, anche per matrici a banda
- 2.9 Metodi iterativi: il metodo del gradiente coniugato, con implementazione
- 2.10 Algoritmo SOR, con implementazione
- 2.11 L'equazione delle onde e sistemi di equazioni iperboliche
- 2.12 Il metodo della separazione delle variabili per un problema al valore iniziale e al contorno
- 2.13 Approssimazione alle differenze finite
- 2.14 Condizioni sufficienti per la convergenza
- 2.15 "The advenction equation": soluzione esatta
- 2.16 Schemi alle differenze
- 2.17 La condizione CFL
- 2.18 Errore di troncamento
- 2.19 Stabilità
- 2.20 Convergenza
- 2.21 L'equazione del calore: soluzione esatta
- 2.22 Metodi alle differenze
- 2.23 Metodi spettrali (cenni)