

## DIDATTICA EROGATA 2023/2024

### Matematica (LM-40)

Dipartimento: MATEMATICA E FISICA

Codice CdS: 104652

#### INSEGNAMENTI

##### Primo semestre

#### 20410882 - AC310 - ANALISI COMPLESSA ( - MAT/03, MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CHIERCHIA LUIGI	72	Affidamento a titolo gratuito	
CHIERCHIA LUIGI	48	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410882 AC310 - ANALISI COMPLESSA in Matematica LM-40 CHIERCHIA LUIGI	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410882 AC310 - ANALISI COMPLESSA in Matematica LM-40 CHIERCHIA LUIGI	72	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 CAPUANO LAURA	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TALAMANCA VALERIO	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 CAPUANO LAURA	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410408 AL310 - ISTITUZIONI DI ALGEBRA SUPERIORE in Matematica L-35 TALAMANCA VALERIO	12	

#### 20410609 - AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 ( - MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PROCESI MICHELA	72	Affidamento a titolo gratuito	
PROCESI MICHELA	48	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 PROCESI MICHELA	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410609 AM300 - ANALISI MATEMATICA 5 in Matematica LM-40 PROCESI MICHELA	72	

#### 20410876 - AM400-ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE ( - MAT/05 - 9 CFU - 72 ore - ITA )

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BATTAGLIA LUCA	72	Affidamento a titolo gratuito	
BATTAGLIA LUCA	48	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410876 AM400-ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410876 AM400-ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA	72	

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

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410413 AN410 - ANALISI NUMERICA 1 in Matematica L-35 FERRETTI ROBERTO	72	

### 20410756 - AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( - MAT/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BESSI UGO	30	Affidamento a titolo gratuito	
BATTAGLIA LUCA	30	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 BESSI UGO	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 BATTAGLIA LUCA	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410756 AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 BESSI UGO	30	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410421 AN430 - METODO DEGLI ELEMENTI FINITI in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	60	

### 20410446 - BL410-INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA ( - BIO/13 - 6 CFU - 48 ore - ITA )

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE ABELI THOMAS	48	
<b>Fruito da:</b> 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE Spagoni Lucrezia	48	
<b>Fruito da:</b> 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE TAVLADORAKI PARASKEVI	48	
<b>Fruito da:</b> 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE ZOCCHI ALESSANDRO	48	

### 20410439 - CH410- ELEMENTI DI CHIMICA ( - CHIM/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20401116 ELEMENTI DI CHIMICA in Fisica L-30 N0 IUCCI GIOVANNA	60	

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

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

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

**20410623 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410625-1 CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A in Scienze Computazionali LM-40 MEROLA FRANCESCA	60	
Fruito da: 20410625-1 CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA - MODULO A in Scienze Computazionali LM-40 MEROLA FRANCESCA	60	

**20410428 - CR510 – CRITTO SISTEMI ELLITTICI ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410428 CR510 – CRITTO SISTEMI ELLITTICI in Scienze Computazionali LM-40 TURCHET AMOS	60	
Mutuato da: 20410428 CR510 – CRITTO SISTEMI ELLITTICI in Scienze Computazionali LM-40 TURCHET AMOS	60	

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

*Curricula: Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA	52	
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35		
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA	52	
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35		
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35 CORSI LIVIA	52	
Mutuato da: 20410410 FM310 - ISTITUZIONI DI FISICA MATEMATICA in Matematica L-35		

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

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

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

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

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

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

**20410878 - FM440 - FISICA MATEMATICA ( - MAT/07 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CORSI LIVIA	30	Affidamento a titolo gratuito	
GENTILE GUIDO	30	Affidamento a titolo gratuito	
CORSI LIVIA	24	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410878 FM440 - FISICA MATEMATICA in Matematica LM-40 CORSI LIVIA	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410878 FM440 - FISICA MATEMATICA in Matematica LM-40 GENTILE GUIDO	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410878 FM440 - FISICA MATEMATICA in Matematica LM-40 CORSI LIVIA	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410878 FM440 - FISICA MATEMATICA in Matematica LM-40 GENTILE GUIDO	30	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo	60	
<b>Fruito da:</b> 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo	60	

**20410748 - FS490 - EDUCATION & OUTREACH, LA COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA ( - FIS/08 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17	48	
<b>Fruito da:</b> 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 BERNIERI ENRICO	48	
<b>Fruito da:</b> 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 GIACOMINI Livia	48	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SCHAFFLER LUCA	60	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410444 GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA in Matematica LM-40 SCHAFFLER LUCA	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410444 GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA in Matematica LM-40 SCHAFFLER LUCA	60	

**20410450 - GL410-ELEMENTI DI GEOLOGIA I ( - GEO/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410384 ELEMENTI DI GEOLOGIA I in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CIFELLI FRANCESCA	48	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO	60	

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 SCHAFFLER LUCA	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 PONTECORVO MASSIMILIANO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410411 GE310 - ISTITUZIONI DI GEOMETRIA SUPERIORE in Matematica L-35 SCHAFFLER LUCA	12	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LELLI CHIESA MARGHERITA	66	Affidamento a titolo gratuito	
LELLI CHIESA MARGHERITA	48	Carico didattico	
TURCHET AMOS	6	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 LELLI CHIESA MARGHERITA	66	
<b>Mutuato da:</b> 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 TURCHET AMOS	6	
<b>Mutuato da:</b> 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 LELLI CHIESA MARGHERITA	66	
<b>Mutuato da:</b> 20410449 GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1 in Matematica LM-40 TURCHET AMOS	6	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410560-1 MODULO A - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON in Scienze Computazionali LM-40 GUARINO STEFANO	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410560-1 MODULO A - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON in Scienze Computazionali LM-40 GUARINO STEFANO	30	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410560-2 MODULO B - PROGRAMMAZIONE IN MATLAB in Scienze Computazionali LM-40 Papa Federico	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410560-2 MODULO B - PROGRAMMAZIONE IN MATLAB in Scienze Computazionali LM-40 Papa Federico	30	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

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

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410426 IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO in Scienze Computazionali LM-40 LOMBARDI FLAVIO	72	

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410426 IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO in Scienze Computazionali LM-40 LOMBARDI FLAVIO	72	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410427 IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE in Scienze Computazionali LM-40 LOMBARDI FLAVIO	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410427 IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE in Scienze Computazionali LM-40 LOMBARDI FLAVIO	72	

**20410877 - IN500 – QUANTUM COMPUTING ( - INF/01 - 6 CFU - 10 ore - ITA )**

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410877 IN500 – QUANTUM COMPUTING in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO	10	
<b>Mutuato da:</b> 20410877 IN500 – QUANTUM COMPUTING in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO	10	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410432 IN550 – MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 BONIFACI VINCENZO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410432 IN550 – MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 BONIFACI VINCENZO	60	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MAIELI ROBERTO	48	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO	48	
<b>Mutuato da:</b> 20410451-1 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A in Matematica LM-40 MAIELI ROBERTO	48	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
TORTORA DE FALCO LORENZO	24	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO	24	
<b>Mutuato da:</b> 20410451-2 LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO	24	

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

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
TORTORA DE FALCO LORENZO	60	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410613 LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 TORTORA DE FALCO LORENZO	60	

### 20410621 - MC410 - DIDATTICA DELLA MATEMATICA ( - MAT/04 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BRUNO ANDREA	60	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410621 MC410 - DIDATTICA DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 BRUNO ANDREA	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410621 MC410 - DIDATTICA DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 BRUNO ANDREA	60	

### 20410617 - ME410 - ELEMENTI DI ALGEBRA SUPERIORE ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BARROERO FABRIZIO	30	Affidamento a titolo gratuito	
CAPUANO LAURA	30	Affidamento di incarico retribuito	

### 20410618 - ME420 - FONDAMENTI E STORIA DELLA GEOMETRIA ( - MAT/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAPORASO LUCIA	54	Carico didattico	
SUPINO PAOLA	6	Carico didattico	

### 20410620 - ME440 - PROBABILITÀ, STATISTICA E MODELLI ( - MAT/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CANDELLERO ELISABETTA	30	Carico didattico	
SCOPPOLA ELISABETTA	18	Carico didattico	
SCOPPOLA ELISABETTA	6	Affidamento a titolo gratuito	

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

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410555 ST410-STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO	60	

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

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PAPPALARDI FRANCESCO	48	Carico didattico	
TALAMANCA VALERIO	12	Didattica Integrativa	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO	48	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 TALAMANCA VALERIO	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO	48	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 TALAMANCA VALERIO	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO	48	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 TALAMANCA VALERIO	12	

**Secondo semestre**

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
TARTARONE FRANCESCA	72	Affidamento a titolo gratuito	
TARTARONE FRANCESCA	48	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410445 AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA in Matematica LM-40 TARTARONE FRANCESCA	72	

**20410520 - AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BARROERO FABRIZIO	60	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410520 AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410520 AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI in Matematica LM-40 BARROERO FABRIZIO	60	

**20410759 - AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( - MAT/05 - 3 CFU - 30 ore - ITA )**

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410757_2 AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	
<b>Fruito da:</b> 20410757_2 AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	

**20410757 - AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( -**

*MAT/05 - 3 CFU - 30 ore - ITA )*

**Curricula:** *Modellistico-applicativo - Teorico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
ESPOSITO PIERPAOLO	30	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410757_2 AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410757_2 AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	

**20410757 - AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( -**

*MAT/05 - 3 CFU - 30 ore - ITA )*

**Curricula:** *Modellistico-applicativo - Teorico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
ESPOSITO PIERPAOLO	30	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410757_1 AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	
<b>Mutuato da:</b> 20410757_1 AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	

**20410758 - AM410 - MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI ( -**

*MAT/05 - 3 CFU - 30 ore - ITA )*

**Curricula:** *Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Frutto da:</b> 20410757_1 AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	
<b>Frutto da:</b> 20410757_1 AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI in Matematica LM-40 ESPOSITO PIERPAOLO	30	

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

**Curricula:** *Modellistico-applicativo - Teorico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BESSI UGO	60	Carico didattico	
PROCESI MICHELA	12	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 PROCESI MICHELA	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 BESSI UGO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410637 AM450 - ANALISI FUNZIONALE in Matematica LM-40 PROCESI MICHELA	12	

**20410952 - AM560 - ANALISI GEOMETRICA ( - MAT/05 - 6 CFU - 10 ore - ITA )**

**Curricula:** *Modellistico-applicativo - Teorico*

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
ESPOSITO PIERPAOLO	10	Affidamento a titolo gratuito	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410420 AN420 - ANALISI NUMERICA 2 in Scienze Computazionali LM-40 FERRETTI ROBERTO	72	

**20410441 - CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI** ( - MAT/06 - 6 CFU - 10 ore - ITA )

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO	10	
<b>Mutuato da:</b> 20410441 CP420-INTRODUZIONE AI PROCESSI STOCASTICI in Scienze Computazionali LM-40 MARTINELLI FABIO	10	

**20410457 - CP430 - CALCOLO STOCASTICO** ( - MAT/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA )

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CAPUTO PIETRO	60	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410457 CP430 - CALCOLO STOCASTICO in Matematica LM-40 CAPUTO PIETRO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410457 CP430 - CALCOLO STOCASTICO in Matematica LM-40 CAPUTO PIETRO	60	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus	30	
<b>Fruito da:</b> 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus	30	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30	30	
<b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus	30	
<b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30	30	
<b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus	30	

**20410769 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MODULO A** ( - MAT/07 - 3 CFU - 30 ore - ITA )

**Curricula:** Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410084 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD A in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus	30	

**20410770 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA – MODULO B ( - MAT/07 - 3 CFU - 30 ore - ITA )**

**Curricula:** Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30	30	
<b>Fruito da:</b> 20410085 COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - MOD. B in Fisica L-30 REUVERS Robin Johannes Petrus	30	

**20410693 - FM420 - SISTEMI DINAMICI ( - MAT/07 - 6 CFU - 10 ore - ITA )**

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CORSI LIVIA	10	Affidamento a titolo gratuito	

**20410622 - FS400 - INTRODUZIONE ALLA FISICA MODERNA ( - FIS/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FRANCIA DARIO	60	Carico didattico	

**20410448 - FS410 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA FISICA ( - FIS/08 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
ORESTANO DOMIZIA	30	Carico didattico	
CASABURO FAUSTO	30	Didattica Integrativa	

**20410875 - FM530 - METODI MATEMATICI PER IL MACHINE LEARNING ( - MAT/07 - 9 CFU - 72 ore - ITA )**

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410875 FM530 - METODI MATEMATICI PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410875 FM530 - METODI MATEMATICI PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410875 FM530 - METODI MATEMATICI PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 TERESI LUCIANO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410875 FM530 - METODI MATEMATICI PER IL MACHINE LEARNING in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO	12	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

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

**20410461 - FS460 - DIDATTICA DELLA FISICA ( - FIS/08 - 6 CFU - 64 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410502 DIDATTICA DELLA FISICA in Fisica LM-17	64	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

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

**20410628 - FS530 - TEMI DI FILOSOFIA DELLA SCIENZA ( - M-FIL/02 - 6 CFU - 40 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20710177 TEMI DI FILOSOFIA DELLA SCIENZA in Scienze filosofiche LM-78 DORATO MAURO	40	

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

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

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

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410429 FS510 - METODO MONTECARLO in Scienze Computazionali LM-40 FRANCESCHINI ROBERTO	40	
Mutuato da: 20410429 FS510 - METODO MONTECARLO in Scienze Computazionali LM-40 BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	20	
Mutuato da: 20410429 FS510 - METODO MONTECARLO in Scienze Computazionali LM-40 FRANCESCHINI ROBERTO	40	
Mutuato da: 20410429 FS510 - METODO MONTECARLO in Scienze Computazionali LM-40 BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	20	

**20410462 - GE510 - GEOMETRIA ALGEBRICA 2 ( - MAT/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LOPEZ ANGELO	60	Carico didattico	

**20410454 - GL420-ELEMENTI DI GEOLOGIA II ( - GEO/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20410328 ELEMENTI DI GEOLOGIA II in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 REITANO RICCARDO	48	

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

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 BONIFACI VINCENZO	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410626 IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA in Scienze Computazionali LM-40 BONIFACI VINCENZO	72	

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

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410424 IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410424 IN450- ALGORITMI PER LA CRITTOGRAFIA in Scienze Computazionali LM-40 PEDICINI MARCO	60	

**20410568 - IN470 - METODI COMPUTAZIONALI PER LA BIOLOGIA ( - INF/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410568 IN470 - METODI COMPUTAZIONALI PER LA BIOLOGIA in Scienze Computazionali LM-40 Mastrostefano Enrico	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410568 IN470 - METODI COMPUTAZIONALI PER LA BIOLOGIA in Scienze Computazionali LM-40 Mastrostefano Enrico	60	

**20410592 - LM400 - INTRODUZIONE ALLA LOGICA ( - M-FIL/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410592 LM400 - INTRODUZIONE ALLA LOGICA in Matematica L-35 ABRUSCI VITO MICHELE	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410592 LM400 - INTRODUZIONE ALLA LOGICA in Matematica L-35 ABRUSCI VITO MICHELE	60	

**20410455 - LM420 - TEOREMI SULLA LOGICA 2 ( - MAT/01 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Fruito da:</b> 20710122 TEOREMI SULLA LOGICA, 2 in Scienze filosofiche LM-78 TORTORA DE FALCO LORENZO	60	
<b>Fruito da:</b> 20710122 TEOREMI SULLA LOGICA, 2 in Scienze filosofiche LM-78 TORTORA DE FALCO LORENZO	60	

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

*Curricula: Modellistico-applicativo - Teorico*

**Mutuazioni:**

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

**20410456 - MC420-DIDATTICA DELLA MATEMATICA ( - MAT/04 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MAGRONE PAOLA	60	Affidamento di incarico retribuito	

**20410459 - MC430 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA MATEMATICA ( - MAT/04 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FALCOLINI CORRADO	60	Carico didattico	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410459 MC430 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 FALCOLINI CORRADO	60	
<b>Mutuato da:</b> 20410459 MC430 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 FALCOLINI CORRADO	60	

**20410617 - ME410 - ELEMENTI DI ALGEBRA SUPERIORE ( - MAT/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BARROERO FABRIZIO	30	Affidamento a titolo gratuito	
CAPUANO LAURA	30	Affidamento di incarico retribuito	

**20410619 - ME430 - FONDAMENTI E STORIA DELL'ANALISI MATEMATICA ( - MAT/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA )**

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MATALONI SILVIA	30	Esperto di alta qualificazione retribuito	
BIASCO LUCA	12	Affidamento a titolo gratuito	
BIASCO LUCA	12	Carico didattico	

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

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

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

**Curricula:** Modellistico-applicativo - Teorico

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO	72	
<b>Mutuato da:</b> 20410419 MS410-MECCANICA STATISTICA in Scienze Computazionali LM-40 GIULIANI ALESSANDRO	72	

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

**Curricula:** Didattica e comunicazione scientifica - Modellistico-applicativo - Teorico

**Docenti:**

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PAPPALARDI FRANCESCO	48	Carico didattico	
TALAMANCA VALERIO	12	Didattica Integrativa	

**Mutuazioni:**

Dettaglio	Ore	Canale
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO	48	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 TALAMANCA VALERIO	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO	48	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 TALAMANCA VALERIO	12	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 PAPPALARDI FRANCESCO	48	
<b>Mutuato da:</b> 20410627 TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI in Matematica LM-40 TALAMANCA VALERIO	12	

## INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA

Nominativo	Tot.Ore	Tipo incarico	Ore	Attività didattica
BARROERO FABRIZIO	90	Carico didattico	60	20410520 - AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI
		Affidamento a titolo gratuito	30	20410617 - ME410 - ELEMENTI DI ALGEBRA SUPERIORE
BATTAGLIA LUCA	102	Carico didattico	48	20410876 - AM400-ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE
		Affidamento a titolo gratuito	72	20410876 - AM400-ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE
		Carico didattico	30	20410756 - AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI
BESSI UGO	90	Affidamento a titolo gratuito	30	20410756 - AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI
		Carico didattico	60	20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE
BIASCO LUCA	30	Carico didattico	12	20410619 - ME430 - FONDAMENTI E STORIA DELL'ANALISI MATEMATICA
		Affidamento a titolo gratuito	12	20410619 - ME430 - FONDAMENTI E STORIA DELL'ANALISI MATEMATICA
BRUNO ANDREA	60	Carico didattico	60	20410621 - MC410 - DIDATTICA DELLA MATEMATICA
CANDELLERO ELISABETTA	30	Carico didattico	30	20410620 - ME440 - PROBABILITÀ, STATISTICA E MODELLI
CAPORASO LUCIA	54	Carico didattico	54	20410618 - ME420 - FONDAMENTI E STORIA DELLA GEOMETRIA
CAPUANO LAURA	30	Affidamento di incarico retribuito	30	20410617 - ME410 - ELEMENTI DI ALGEBRA SUPERIORE
CAPUTO PIETRO	60	Carico didattico	60	20410457 - CP430 - CALCOLO STOCASTICO
CASABURO FAUSTO	30	Didattica Integrativa	30	20410448 - FS410 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA FISICA
CHIERCHIA LUIGI	72	Carico didattico	48	20410882 - AC310 - ANALISI COMPLESSA
		Affidamento a titolo gratuito	72	20410882 - AC310 - ANALISI COMPLESSA
		Carico didattico	48	20410882 - AC310 - ANALISI COMPLESSA
		Affidamento a titolo gratuito	72	20410882 - AC310 - ANALISI COMPLESSA
CORSI LIVIA	40	Affidamento a titolo gratuito	10	20410693 - FM420 - SISTEMI DINAMICI
		Carico didattico	24	20410878 - FM440 - FISICA MATEMATICA
		Affidamento a titolo gratuito	30	20410878 - FM440 - FISICA MATEMATICA
ESPOSITO PIERPAOLO	70	Carico didattico	30	20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI
		Carico didattico	30	20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI
		Affidamento a titolo gratuito	10	20410952 - AM560 - ANALISI GEOMETRICA
FALCOLINI CORRADO	60	Carico didattico	60	20410459 - MC430 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA MATEMATICA
FRANCIA DARIO	60	Carico didattico	60	20410622 - FS400 - INTRODUZIONE ALLA FISICA MODERNA
GENTILE GUIDO	30	Affidamento a titolo gratuito	30	20410878 - FM440 - FISICA MATEMATICA
LELLI CHIESA MARGHERITA	66	Carico didattico	48	20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1
		Affidamento a titolo gratuito	66	20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1
LOPEZ ANGELO	60	Carico didattico	60	20410462 - GE510 - GEOMETRIA ALGEBRICA 2
MAGRONE PAOLA	60	Affidamento di incarico retribuito	60	20410456 - MC420-DIDATTICA DELLA MATEMATICA
MAIELI ROBERTO	48	Carico didattico	48	20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1
MATALONI SILVIA	30	Esperto di alta qualificazione retribuito	30	20410619 - ME430 - FONDAMENTI E STORIA DELL'ANALISI MATEMATICA
ORESTANO DOMIZIA	30	Carico didattico	30	20410448 - FS410 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA FISICA
PAPPALARDI FRANCESCO	48	Carico didattico	48	20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI
PROCESI MICHELA	84	Carico didattico	48	20410609 - AM300 - ANALISI MATEMATICA 5
		Affidamento a titolo gratuito	72	20410609 - AM300 - ANALISI MATEMATICA 5
		Carico didattico	12	20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE
SCHAFFLER LUCA	60	Carico didattico	60	20410444 - GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA
SCOPPOLA ELISABETTA	30	Carico didattico	18	20410620 - ME440 - PROBABILITÀ, STATISTICA E MODELLI
		Affidamento a titolo gratuito	6	20410620 - ME440 - PROBABILITÀ, STATISTICA E MODELLI
SUPINO PAOLA	6	Carico didattico	6	20410618 - ME420 - FONDAMENTI E STORIA DELLA GEOMETRIA
TALAMANCA VALERIO	12	Didattica Integrativa	12	20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI
TARTARONE FRANCESCA	72	Carico didattico	48	20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA
		Affidamento a titolo gratuito	72	20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA
TORTORA DE FALCO LORENZO	84	Carico didattico	24	20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1
		Carico didattico	60	20410613 - LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA
TURCHET AMOS	6	Carico didattico	6	20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1
DOCENTE NON DEFINITO	0			
<b>Totale ore</b>	<b>1604</b>			

## CONTENUTI DIDATTICI

### 20410882 - AC310 - ANALISI COMPLESSA

**Docente:** CHIERCHIA LUIGI

#### Italiano

##### Prerequisiti

Conoscenza dei teoremi fondamentali dell'analisi in una e più variabili, incluso, in particolare: topologia di  $\mathbb{R}^n$  (incluso compattezza per successioni); uniforme continuità; differenziabilità in una e più variabili; formula e serie di Taylor; funzioni regolari non analitiche; teorema fondamentale del calcolo; regolarità di funzioni definite tramite integrazione.

##### Programma

I. Teoria elementare (Incluso: Numeri complessi e piano complesso. Convergenza. Insiemi nel piano complesso. Funzioni sul piano complesso. Funzioni continue. Funzioni olomorfe. Serie di potenze. Integrazione lungo le curve). II. Teorema di Cauchy e sue applicazioni (Incluso: teorema di Goursat; formula di Cauchy e calcolo dei residui. Continuazione analitica. Teorema di Morera. Principio di Schwarz). Il teorema di Cauchy in domini semplicemente connessi. III. Funzioni meromorfe e il logaritmo (Incluso: zeri e poli; singolarità isolate. Principio dell'argomento. Teorema di Rouché). IV. Trasformazioni conformi (Incluso: mappe elementari e trasformazioni lineari fratte); teorema della mappa di Riemann. V. Serie di Laurent; fratti parziali e prodotti canonici.

##### Testi

[S] Complex Analysis. Elias M. Stein, Rami Shakarchi Princeton University Press 2003, ISBN 10: 1400831156 / ISBN 13: 9781400831159 [A] Ahlfors, Lars V, Complex analysis. An introduction to the theory of analytic functions of one complex variable. Third edition. International Series in Pure and Applied Mathematics. McGraw-Hill Book Co., New York, 1978. xi+331 pp. ISBN 0-07-000657-1 [E] M. Evgrafov, Coll, Recueil de problèmes sur la théorie des fonctions analytiques, Traduction française, Editions Mir, 1974.

##### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

##### Modalità erogazione

Lezioni frontali ed esercitazioni con auspicabile partecipazione attiva degli studenti.

##### Modalità di valutazione

La valutazione è basata su una prova scritta e su una prova orale. Sono previste due prove scritte in itinere che, in caso di esito positivo, sostituiscono la prova scritta finale. Esempi di prove degli anni passati saranno disponibili in rete sul sito web dedicato al corso che verrà costantemente aggiornato dal docente.

#### English

##### Prerequisites

Knowledge of the fundamental theorems of analysis in one and more variables, including, in particular: topology of  $\mathbb{R}^n$  (including compactness for sequences); uniform continuity; differentiability in one or more variables; Taylor formula and series; regular non-analytic functions; fundamental theorem of calculus; regularity of functions defined through integration.

##### Programme

I. Elementary theory (Including: Complex numbers and the complex plane. Convergence. Sets in the complex plane. Functions on the complex plane. Continuous functions. Holomorphic functions. Power series. Integration along curves). II. Cauchy's theorem and its applications (Including: Goursat's theorem; Cauchy's formula and calculation of residues. Analytical continuation. Morera's theorem. Schwarz's principle). Cauchy's theorem in simply connected domains. III. Meromorphic functions and the logarithm (Including: zeros and poles; isolated singularities. Argument principle. Rouché's theorem). IV. Conformal transformations (Including: elementary maps and linear fractional transformations); Riemann mapping theorem. V. Laurent series; partial fractions and canonical products.

##### Reference books

[S] Complex Analysis. Elias M. Stein, Rami Shakarchi Princeton University Press 2003, ISBN 10: 1400831156 / ISBN 13: 9781400831159 [A] Ahlfors, Lars V, Complex analysis. An introduction to the theory of analytic functions of one complex variable. Third edition. International Series in Pure and Applied Mathematics. McGraw-Hill Book Co., New York, 1978. xi+331 pp. ISBN 0-07-000657-1 [E] M. Evgrafov, Coll, Recueil de problèmes sur la théorie des fonctions analytiques, Traduction française, Editions Mir, 1974.

##### Reference bibliography

-

##### Study modes

-

##### Exam modes

-

### 20410445 - AL410 - ALGEBRA COMMUTATIVA

**Docente:** TARTARONE FRANCESCA

#### Italiano

##### Prerequisiti

E' necessario avere una ottima conoscenza dei concetti di algebra di base (anelli e campi). E' consigliato avere superato il corso AL210- corso di base su anelli, gruppi e campi

## Programma

1. Moduli Moduli e sottomoduli. Operazioni tra sottomoduli. Annullatore. Homomorfismi e moduli quoziente. Generatori e basi. Moduli liberi. Invarianza del rango. Somma diretta e prodotto diretto. Prodotto tensoriale di moduli. Proprietà universale. Prodotto tensoriale di algebre. Esattezza del prodotto tensoriale. Moduli piatti. Estensione e restrizione degli scalari. Il Teorema di Cayley-Hamilton. Il Lemma di Nakayama. 2. Ideali Operazioni tra ideali. Omomorfismi di anelli e anelli quoziente. Ideali primi e primari. Lemma di Zorn. Ideali massimali e minimali. Radicale di Jacobson e Nilradicale. Ideali radicali. Anelli ridotti. Il Teorema Cinese dei Resti. Prime Avoidance Theorem. Ideali frazionari di domini. Ideali invertibili. 3. Anelli e moduli di frazioni Parti moltiplicative. Parti moltiplicative saturate. Anelli e moduli di frazioni. Estensione e contrazione di ideali. Ideali primi e primari in anelli di frazioni. Anelli locali. Proprietà locali. Lanella delle serie formali su un campo. 4. Dipendenza integrale Dipendenza integrale e chiusura integrale. Proprietà di stabilità e transitività della dipendenza integrale. Lying over, Inc e Going up. Dimensione di Krull della chiusura integrale. Cenni sulla noetherianità della chiusura integrale. Anelli di valutazione e loro caratterizzazioni. Anelli di valutazione discreta. Il Teorema di Krull sulla chiusura integrale. Anelli di Dedekind 5. Anelli e Moduli Noetheriani e Artiniani Condizioni delle catene e proprietà equivalenti. Anelli e moduli noetheriani. Moduli e algebre su anelli noetheriani. Il Teorema della Base di Hilbert. Il Teorema di Cohen. Decomposizione primaria di ideali. Teoremi di unicità. Primi associati e zerodivisori. Anelli e moduli artiniani. Teorema di caratterizzazione degli anelli artiniani. Il Teorema dell'Ideale Principale.

## Testi

M. F. Atiyah, I. G. Macdonald, Introduction to Commutative Algebra, Addison-Wesley, 1969. R. Gilmer, Multiplicative Ideal Theory, Dekker, New York, 1972

## Bibliografia di riferimento

M. F. Atiyah, I. G. Macdonald, Introduction to Commutative Algebra, Addison-Wesley, 1969. R. Gilmer, Multiplicative Ideal Theory, Dekker, New York, 1972

## Modalità erogazione

Lezioni frontali del docente con sessioni di sole esercitazioni. Sarà attiva la trasmissione in streaming e la registrazione Si richiede lo svolgimento di seminari su alcuni argomenti scelti da parte degli studenti frequentanti.

## Modalità di valutazione

E' previsto lo svolgimento di una prova scritta e di una prova orale durante gli appelli. La prova scritta (comprese le valutazioni in itinere) consiste di 5/6 esercizi pratico/teorici da svolgere in 2,30/3 ore. Si svolgeranno anche due prove in itinere per esonerare lo studente dalla prova scritta. La prova orale consiste in un seminario da concordare con la docente.

## English

### Prerequisites

It is necessary to have a very good knowledge of the concepts of basic algebra (rings and fields). It is recommended to have passed the AL210 course - basic algebra course (groups, rings and fields)

### Programme

1. Modules Modules and submodules. Operations between submodules. Homomorphisms and quotient modules. Generators and bases. Free modules. Invariance of rank. Direct sum and direct product. Tensor product of modules. Universal property. Tensor product of algebras. Exactness of tensor product. Flat modules. Extension and restriction of scalars. The Theorem of Cayley-Hamilton. The Nakayama Lemma. 2. Ideals Operations between ideals. Homomorphisms of rings and quotient rings. Prime and primary ideals. Zorn's lemma. Maximal and minimal ideals. Jacobson radical and Nilradical. Radical ideals. Reduced rings. The Chinese Remainder Theorem. Prime Avoidance Theorem. Fractional ideals of domains. Invertible ideals. 3. Rings and fraction modules Multiplicative parts. Saturated multiplicative parts. Rings and fraction modules. Extension and contraction of ideals. Prime and primary ideals in fraction rings. Local rings. Local properties. Ring of formal series on a field. 4. Integral dependence Integral dependence and integral closure. Properties of stability and transitivity of integral dependence. Lying over, Inc and Going up. Krull dimension of the integral closure. Notes on the noetherianity of integral closure. Valuation rings and their characterizations. Discrete valuation rings. The Theorem of Krull on integral closure. Dedekind rings 5. Noetherian and Artinian rings and modules. Chain conditions and equivalent properties. Noetherian and Artinian rings. Modules and algebras on noetherian rings. The Hilbert Base Theorem. The Cohen Theorem. Primary decomposition of ideals. Uniqueness theorems. Prime associates and zerodivisori. Rings and artinian modules. Characterization theorem for Artinian rings The Principal Ideal Theorem.

### Reference books

M. F. Atiyah, I. G. Macdonald, Introduction to Commutative Algebra, Addison-Wesley, 1969. R. Gilmer, Multiplicative Ideal Theory, Dekker, New York, 1972

### Reference bibliography

M. F. Atiyah, I. G. Macdonald, Introduction to Commutative Algebra, Addison-Wesley, 1969. R. Gilmer, Multiplicative Ideal Theory, Dekker, New York, 1972

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410520 - AL420 - TEORIA ALGEBRICA DEI NUMERI

**Docente:** BARROERO FABRIZIO

## Italiano

### Prerequisiti

Nozioni di base di algebra e geometria (strutture algebriche, algebra lineare) fornite dagli insegnamenti: AL110, AL210, AL310, GE110.

### Programma

Anelli degli interi in campi di numeri. Fattorizzazione unica degli ideali negli anelli degli interi. Gruppo delle classi. Gruppo delle unità. Ultimo Teorema di Fermat per primi regolari Campi locali.

### Testi

Dispense del Docente. Marcus, D. Number fields, 3rd Ed Springer-Verlag. 1977. Samuel, P. Théorie algébrique des nombres, Hermann, Paris. 1971. Schoof, R. Algebraic Number Theory, dispense Università di Roma Tor Vergata, 2003. Milne, J. Algebraic Number Theory, Lecture Notes, 2017.

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Didattica frontale in aula su lavagna ed esercitazione in classe

### Modalità di valutazione

L'esame conterà in una prova orale in cui sarà verificato l'apprendimento del programma del corso e la capacità di risolvere esercizi.

## English

### Prerequisites

Basic notions of algebra and geometry (algebraic structures, linear algebra) covered by the courses AL110, AL210, AL310, GE110.

### Programme

Ring of integers in number fields. Unique factorisation of ideals in the rings of integers. Class group. Group of units. Fermat's last Theorem for regular primes Local fields.

### Reference books

Notes by the lecturer. Marcus, D. Number fields, 3rd Ed Springer-Verlag. 1977. Samuel, P. Théorie algébrique des nombres, Hermann, Paris. 1971. Schoof, R. Algebraic Number Theory, dispense Università di Roma Tor Vergata, 2003. Milne, J. Algebraic Number Theory, Lecture Notes, 2017.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410609 - AM300 - ANALISI MATEMATICA 5

**Docente:** PROCESI MICHELA

## Italiano

### Prerequisiti

Conoscenze di analisi di base, calcolo differenziale ed integrale in una e più variabili.

### Programma

Integrazione secondo Lebesgue in  $\mathbb{R}^n$ , trasformata di Fourier, teoria delle equazioni differenziali

### Testi

Luigi Chierchia, Analisi matematica due Reed-Simon

### Bibliografia di riferimento

Rudin:analisi reale e complessa Terence Tao: An Introduction to Measure Theory Paolo Aquistapace: Analisi 2

### Modalità erogazione

Lezioni frontali ed esercizi.

### Modalità di valutazione

La prova scritta consiste nello svolgimento di esercizi sui temi discussi a lezione. Nella prova orale si verificano le conoscenze sul materiale proposto.

## English

### Prerequisites

Basic integral and differential calculus in one and more real variables

### Programme

Lebesgue integration in  $\mathbb{R}^n$ , Fourier transform, theory of differential equations

### Reference books

Luigi Chierchia, Analisi matematica due Reed-Simon

### Reference bibliography

Rudin: real and complex analysis Terence Tao: An Introduction to Measure Theory Paolo Aquistapace: Analisi 2

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410876 - AM400-ISTITUZIONI DI ANALISI SUPERIORE

**Docente:** BATTAGLIA LUCA

### Italiano

#### Prerequisiti

Calcolo in una e più variabili, Teoria della misura di Lebesgue

#### Programma

Teoria della misura, misure esterne, costruzione di misure di Borel sui reali. Teoria dell'integrazione, teoremi di passaggio al limite, convergenza in media e in misura, integrazione sugli spazi prodotto. Misure di Radon, regolarità, funzionali lineari positivi sulle funzioni continue, Teorema di rappresentazione di Riesz. Misure con segno, teoremi di decomposizione, differenziazione di misure, funzioni a variazione limitata, Teorema fondamentale del calcolo. Spazi  $L_p$ , proprietà di base, spazi duali, teoremi di densità. Cenni di teoria geometrica della misura.

#### Testi

G. Folland - "Real Analysis" - Wiley

#### Bibliografia di riferimento

G. Folland - "Real Analysis" - Wiley

#### Modalità erogazione

Lezioni frontali.

#### Modalità di valutazione

Esercizi assegnati a casa (tre assegnazioni in totale) e prova orale sul programma del corso.

### English

#### Prerequisites

Calculus in one and more variables, Lebesgue measure theory

#### Programme

Measure theory, outer measures, construction of Borel measures. Integration theory, limit theorems, convergence in mean and in measure, integration on product spaces. Radon measures, regularity, positive linear functionals, Riesz representation theorem. Signed measures, decomposition theorems, differentiation, BV functions, fundamental theorem of calculus.  $L_p$  spaces, basic properties, dual spaces, density theorems. Introduction to geometric measure theory

#### Reference books

G. Folland - "Real Analysis" - Wiley

#### Reference bibliography

G. Folland - "Real Analysis" - Wiley

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410759 - AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

### Italiano

#### Prerequisiti

Teoria di Lebesgue e spazi  $L^p$

### Programma

Definizione e proprietà elementari degli spazi di Sobolev  $W^{1,p}$  (#). Operatori di prolungamento. Disuguaglianze di Sobolev. Lo spazio  $W^{1,p}_0$  (#). Formulazione variazionale di alcuni problemi ellittici ai limiti. Esistenza di soluzioni deboli. Regolarità delle soluzioni deboli.

### Testi

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

### Modalità di valutazione

Seminario su un argomento da concordare.

### English

#### Prerequisites

Lebesgue's theory and  $L^p$  spaces

#### Programme

Definition and basic properties of the Sobolev spaces  $W^{1,p}$  (#). Extension operators. Sobolev inequalities. The space  $W^{1,p}_0$  (#). Variational formulation of some elliptic boundary value problems. Existence of weak solutions. Regularity of weak solutions.

#### Reference books

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

( AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI )

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

### Italiano

#### Prerequisiti

Teoria di Lebesgue e spazi  $L^p$

#### Programma

Definizione e proprietà elementari degli spazi di Sobolev  $W^{1,p}$  (#). Operatori di prolungamento. Disuguaglianze di Sobolev. Lo spazio  $W^{1,p}_0$  (#). Formulazione variazionale di alcuni problemi ellittici ai limiti. Esistenza di soluzioni deboli. Regolarità delle soluzioni deboli.

#### Testi

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

#### Modalità di valutazione

Seminario su un argomento da concordare.

### English

#### Prerequisites

Lebesgue's theory and  $L^p$  spaces

## Programme

Definition and basic properties of the Sobolev spaces  $W^{1,p}(\#)$ . Extension operators. Sobolev inequalities. The space  $W^{1,p}_0(\#)$ . Variational formulation of some elliptic boundary value problems. Existence of weak solutions. Regularity of weak solutions.

## Reference books

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

( AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI )

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

## Italiano

### Prerequisiti

Calcolo differenziale in più variabili, teorema della divergenza.

### Programma

Preliminari: definizione di iper-superficie, integrazione su iper-superfici, il teorema della divergenza; l'equazione di Laplace: le disuguaglianze di valor medio, il principio del minimo e del massimo, la disuguaglianza di Harnack, la rappresentazione di Green, l'integrale di Poisson, teoremi di convergenza, stime interne sulle derivate, il metodo di Perron per il problema di Dirichlet.

### Testi

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

### Modalità di valutazione

Risoluzione di esercizi a casa proposti dal docente.

## English

### Prerequisites

Differential calculus in several variables, divergence's theorem.

### Programme

Preliminaries: definition of hyper-surface, integration on hyper-surfaces, the divergence theorem; the Laplace equation: the mean value inequalities, the minimum and maximum principle, the Harnack inequality, the Green representation, the Poisson integral, convergence's theorems, interior estimates on the derivatives, the Perron method for the Dirichlet problem.

### Reference books

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

( AM410 - MODULO B - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI )

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

## Italiano

### Prerequisiti

Teoria di Lebesgue e spazi  $L^p$

### Programma

Definizione e proprietà elementari degli spazi di Sobolev  $W^{1,p}(\Omega)$ . Operatori di prolungamento. Disuguaglianze di Sobolev. Lo spazio  $W^{1,p}_0(\Omega)$ . Formulazione variazionale di alcuni problemi ellittici ai limiti. Esistenza di soluzioni deboli. Regolarità delle soluzioni deboli.

### Testi

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

### Modalità di valutazione

Seminario su un argomento da concordare.

## English

### Prerequisites

Lebesgue's theory and  $L^p$  spaces

### Programme

Definition and basic properties of the Sobolev spaces  $W^{1,p}(\Omega)$ . Extension operators. Sobolev inequalities. The space  $W^{1,p}_0(\Omega)$ . Variational formulation of some elliptic boundary value problems. Existence of weak solutions. Regularity of weak solutions.

### Reference books

"Analisi funzionale", H. Brézis, Liguori Editore "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410757 - AM410 - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

( AM410- MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI )

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

## Italiano

### Prerequisiti

Calcolo differenziale in più variabili, teorema della divergenza.

### Programma

Preliminari: definizione di iper-superficie, integrazione su iper-superfici, il teorema della divergenza; l'equazione di Laplace: le disuguaglianze di valor medio, il principio del minimo e del massimo, la disuguaglianza di Harnack, la rappresentazione di Green, l'integrale di Poisson, teoremi di convergenza, stime interne sulle derivate, il metodo di Perron per il problema di Dirichlet.

### Testi

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

### Modalità di valutazione

Risoluzione di esercizi a casa proposti dal docente.

## English

### Prerequisites

Differential calculus in several variables, divergence's theorem.

### Programme

Preliminaries: definition of hyper-surface, integration on hyper-surfaces, the divergence theorem; the Laplace equation: the mean value inequalities, the minimum and maximum principle, the Harnack inequality, the Green representation, the Poisson integral, convergence's theorems, interior estimates on the derivatives, the Perron method for the Dirichlet prob

### Reference books

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410758 - AM410 - MODULO A - INTRODUZIONE ALLE EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

**Docente:** ESPOSITO PIERPAOLO

## Italiano

### Prerequisiti

Calcolo differenziale in più variabili, teorema della divergenza.

### Programma

Preliminari: definizione di iper-superficie, integrazione su iper-superfici, il teorema della divergenza; l'equazione di Laplace: le disuguaglianze di valor medio, il principio del minimo e del massimo, la disuguaglianza di Harnack, la rappresentazione di Green, l'integrale di Poisson, teoremi di convergenza, stime interne sulle derivate, il metodo di Perron per il problema di Dirichlet.

### Testi

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso prevede lezioni frontali. Non è necessaria ma fortemente consigliata la frequenza.

### Modalità di valutazione

Risoluzione di esercizi a casa proposti dal docente.

## English

### Prerequisites

Differential calculus in several variables, divergence's theorem.

### Programme

Preliminaries: definition of hyper-surface, integration on hyper-surfaces, the divergence theorem; the Laplace equation: the mean value inequalities, the minimum and maximum principle, the Harnack inequality, the Green representation, the Poisson integral, convergence's theorems, interior estimates on the derivatives, the Perron method for the Dirichlet problem.

### Reference books

"Elliptic partial differential equations of second order. Reprint of the 1998 edition", D. Gilbarg e N.S. Trudinger, Classics in Mathematics, Springer-Verlag "Partial differential equations. Second edition", Lawrence C. Evans, Graduate Studies in Mathematics 19, American Mathematical Society

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

## 20410756 - AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

**Docente:** BESSI UGO

### Italiano

#### Prerequisiti

Un corso di Analisi Funzionale.

#### Programma

Alcune tecniche di Analisi nonlineare.

#### Testi

P. Rabinowitz, Minimax methods in critical point theory with applications to differential equations.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Lezioni.

#### Modalità di valutazione

Esame scritto e orale.

### English

#### Prerequisites

A working knowledge of Functional Analysis.

#### Programme

Some techniques of Nonlinear Analysis.

#### Reference books

P. Rabinowitz, Minimax methods in critical point theory with applications to differential equations.

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410756 - AM420 - EQUAZIONI ALLE DERIVATE PARZIALI

**Docente:** BATTAGLIA LUCA

### Italiano

#### Prerequisiti

Analisi funzionale, spazi di Sobolev, teoria di base delle equazioni alle derivate parziali

#### Programma

Calcolo in spazi di Banach, derivazione, Teorema della Funzione Implicita; Teoria della biforcazione, metodo di Ljapunov-Schmidt; Esistenza di soluzioni di energia minima, coercività, semi-continuità inferiore; Teorema di passo montano, soluzioni di tipo sella; Grado topologico, Teoremi di Linking; Categoria di Ljusternik-Schnirelmann, esistenza di infinite soluzioni.

#### Testi

A. Ambrosetti, A. Malchiodi - "Nonlinear Analysis and Semilinear Elliptic Problem" - Cambridge P. Rabinowitz - "Minimax methods in critical point theory with application to differential equations" - American Mathematical Society

#### Bibliografia di riferimento

A. Ambrosetti, A. Malchiodi - "Nonlinear Analysis and Semilinear Elliptic Problem" - Cambridge P. Rabinowitz - "Minimax methods in critical point theory with application to differential equations" - American Mathematical Society

#### Modalità erogazione

Lezioni frontali.

#### Modalità di valutazione

Orale in forma di seminario con domande extra sul programma del corso.

### English

### Prerequisites

Functional analysis, Sobolev spaces, basic theory of partial differential equations

### Programme

Calculus in Banach spaces, derivation, Implicit Function Theorem; Bifurcation theorem, Ljapunov-Schmidt method; Energy-minimizing solutions, coercivity, lower semi-continuity; Saddle point solutions, Mountain Pass Theorem; Topological degree, Linking Theorems; Ljusternik-Schnirelmann Category, existence of infinitely many solutions.

### Reference books

A. Ambrosetti, A. Malchiodi - "Nonlinear Analysis and Semilinear Elliptic Problem" - Cambridge P. Rabinowitz - "Minimax methods in critical point theory with application to differential equations" - American Mathematical Society

### Reference bibliography

A. Ambrosetti, A. Malchiodi - "Nonlinear Analysis and Semilinear Elliptic Problem" - Cambridge P. Rabinowitz - "Minimax methods in critical point theory with application to differential equations" - American Mathematical Society

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE

**Docente:** BESSI UGO

### Italiano

#### Prerequisiti

Un corso di teoria della misura.

#### Programma

I principali teoremi dell'Analisi Funzionale.

#### Testi

H. Brezis, Analisi Funzionale.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Lezioni.

#### Modalità di valutazione

Prova scritta e orale.

### English

#### Prerequisites

Lebesgue measure.

#### Programme

The main theorems of Functional Analysis.

#### Reference books

H. Brezis, Functional Analysis.

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410637 - AM450 - ANALISI FUNZIONALE

**Docente:** PROCESI MICHELA

### Italiano

#### Prerequisiti

Analisi reale. Teoria di Lebesgue.

### Programma

Spazi di Banach e Hilbert, proprietà generali, proiezioni negli spazi di Hilbert, sistemi ortonormali. Teorema di Hahn-Banach, forma analitica e geometrica, conseguenze. Spazi di prima e seconda categoria, Teorema di Baire, Teorema di Banach-Steinhaus, della mappa aperta e del grafico chiuso, applicazioni. Topologie deboli, chiusi e convessi, Teorema di Banach-Alaoglu, separabilità, riflessività e uniforme convessità. Spazi di Sobolev in una dimensione, Teoremi di immersione, disuguaglianza di Poincaré, applicazione a problemi variazionali. Teoria spettrale, alternativa di Fredholm, teorema spettrale per operatori compatti e autoaggiunti, applicazione a problemi variazionali.

### Testi

H. Brezis - Analisi Funzionale - Liguori (1986); H. Brezis - Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations - Springer (2010); W. Rudin - Functional Analysis - McGraw-Hill (1991);

### Bibliografia di riferimento

H. Brezis - Analisi Funzionale - Liguori (1986); H. Brezis - Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations - Springer (2010); W. Rudin - Functional Analysis - McGraw-Hill (1991);

### Modalità erogazione

Lezioni frontali

### Modalità di valutazione

la prova consiste nello svolgimento di esercizi e nella presentazione di argomenti discussi a lezione

### English

#### Prerequisites

Real analysis. Lebesgue theory

#### Programme

Banach and Hilbert spaces, general properties, projections in Hilbert spaces, orthonormal systems. Hahn-Banach theorem, analytic and geometric form, consequences. First and second category spaces, Baire theorem, Banach-Steinhaus theorem, open map and closed graph, applications. Weak, closed and convex topologies, Banach-Alaoglu Theorem, separability, reflexivity and uniform convexity. Sobolev spaces in one dimension, embedding theorems, Poincaré inequality, application to variational problems. Spectral theory, Fredholm alternative, spectral theorem for compact and self-adjoint operators, application to variational problems.

#### Reference books

H. Brezis - Analisi Funzionale - Liguori (1986); H. Brezis - Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations - Springer (2010); W. Rudin - Functional Analysis - McGraw-Hill (1991);

#### Reference bibliography

H. Brezis - Analisi Funzionale - Liguori (1986); H. Brezis - Functional Analysis, Sobolev Spaces and Partial Differential Equations - Springer (2010); W. Rudin - Functional Analysis - McGraw-Hill (1991);

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410413 - AN410 - ANALISI NUMERICA 1

**Docente:** FERRETTI ROBERTO

### Italiano

#### Prerequisiti

Algebra lineare di base, calcolo differenziale e integrale per funzioni di una variabile.

#### Programma

Sistemi di equazioni lineari Metodi diretti: il metodo di eliminazione di Gauss. Strategie di pivoting. Il metodo di eliminazione come fattorizzazione. Le fattorizzazioni di Doolittle e Cholesky. Metodi iterativi: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR, Richardson e loro convergenza. Confronto tra metodi diretti ed iterativi. La stabilità degli algoritmi risolutivi per sistemi lineari. Metodi iterativi per equazioni scalari nonlineari Richiami sui teoremi di esistenza degli zeri. I metodi di bisezione, di Newton, delle secanti, delle corde e loro convergenza. (Riferimento: Capitolo 1 ad eccezione del paragrafo 1.2.3, e appendici A.1, A.2) Approssimazione di funzioni Strategie generali di approssimazione. Il polinomio interpolatore nella forma di Lagrange e di Newton. Rappresentazione dell'errore di interpolazione. Convergenza del polinomio interpolatore per funzioni analitiche. Strategie di infittimento dei nodi nell'interpolazione: nodi di Chebyshev e approssimazioni composte. Stima dell'errore. Polinomio di Hermite, costruzione e rappresentazione dell'errore. Approssimazioni per Errore Quadratico Minimo. (Riferimento: Capitolo 5 ad eccezione del paragrafo 5.2, e appendice A.4) Integrazione numerica Principi generali delle quadrature numeriche. Il teorema di Polya sulla convergenza delle quadrature interpolatorie. Le formule di Newton-Cotes chiuse ed aperte. Risultati di stabilità e stima dell'errore. Formule di Newton-Cotes generalizzate e loro convergenza. Quadrature gaussiane e loro convergenza. (Riferimento: Capitolo 6) Esercitazioni di laboratorio Implementazione in linguaggio C di alcuni tra gli algoritmi più significativi, in particolare: metodo di eliminazione di Gauss, metodi iterativi per sistemi lineari e per equazioni scalari, interpolazione di Lagrange o Newton con una strategia di infittimento. N.B.: I riferimenti sono dati sugli appunti del corso.

#### Testi

Roberto Ferretti, "Appunti del corso di Analisi Numerica", disponibile in forma elettronica sulla bacheca elettronica del corso Roberto Ferretti, "Esercizi d'esame di Analisi Numerica", disponibile in forma elettronica sulla bacheca elettronica del corso Lucidi delle lezioni, disponibili in forma elettronica sulla bacheca elettronica del corso

### Bibliografia di riferimento

Quarteroni, Sacco, Saleri, Gervasio: Matematica Numerica (Springer)

### Modalità erogazione

Il corso si articola in lezioni frontali (dedicate agli aspetti teorici) e attività di laboratorio informatico (in cui si implementano i metodi numerici studiati).

### Modalità di valutazione

La parte di teoria si svolge mediante una prova scritta della durata di 2h30; la tipologia delle prove scritte si può capire meglio dalla raccolta dei testi di esame e di esonero (vedi pagina web del corso). La parte di laboratorio si svolge mediante una prova supplementare, consistente in: - discussione dettagliata dei programmi svolti nelle esercitazioni (studenti frequentanti il laboratorio); - breve (2h) prova di programmazione in C, su argomenti simili a quelli delle esercitazioni (studenti non frequentanti il laboratorio).

## English

### Prerequisites

Elementary linear algebra, basic calculus for univariate functions.

### Programme

Linear Systems Direct methods: Gaussian elimination. Pivoting strategies. Gaussian elimination as a factorization. Doolittle and Cholesky factorizations. Iterative methods: Jacobi, Gauss-Seidel, SOR, Richardson, and related convergence results. Comparison of direct vs iterative solvers. Stability of algorithms for the solution of linear systems. Iterative Methods for Scalar Nonlinear Equations The intermediate zero theorem. The algorithms of bisection, Newton, secants, chords, and related convergence results. (Reference: Chapter 1 excluding Section 1.2.3, and Appendices A.1, A.2) Approximation of Functions General approximation strategies. Interpolating polynomial in Lagrange and Newton form. Representation of the interpolation error. Convergence of the interpolating polynomial for analytic functions. Refinement strategies in interpolation: Chebyshev nodes, composite approximations. Error estimates. Hermite polynomial, construction and representation of the error. Least Squares approximations. (Reference: Chapter 5 excluding Section 5.2, and Appendix A.4) Numerical Integration General principles of numerical integration. Polya's Theorem on the convergence of interpolatory quadrature formulae. Closed and open Newton-Cotes formulae. Stability results and error estimation. Generalized Newton-Cotes formulae and their convergence. Gaussian quadratures and their convergence. (Reference: Chapter 6) Laboratory Activity C language coding of some of the major algorithms, and in particular: Gaussian elimination, iterative methods for linear systems and scalar equations, Lagrange/Newton interpolation with a refinement strategy. N.B.: References are provided with respect to the course notes.

### Reference books

Roberto Ferretti, "Appunti del corso di Analisi Numerica", available from the course page Roberto Ferretti, "Esercizi d'esame di Analisi Numerica", available from the course page Slides of the lessons, available from the course page

### Reference bibliography

Quarteroni, Sacco, Saleri, Gervasio: Numerical Mathematics (Springer)

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410420 - AN420 - ANALISI NUMERICA 2

**Docente:** FERRETTI ROBERTO

## Italiano

### Prerequisiti

Calcolo differenziale per funzioni di una o più variabili, algebra lineare di base, Equazioni Differenziali Ordinarie

### Programma

Equazioni Differenziali Ordinarie Approssimazioni alle differenze per Equazioni Differenziali Ordinarie: il metodo di Eulero. Consistenza, stabilità, stabilità assoluta. I metodi di Runge-Kutta del secondo ordine. Metodi ad un passo impliciti: i metodi di Eulero all'indietro e di Crank-Nicolson. La convergenza dei metodi ad un passo. Metodi a più passi: struttura generale, complessità, stabilità assoluta. Stabilità e consistenza dei metodi a più passi. Metodi di Adams. Metodi BDF. Metodi Predictor-Corrector. (Riferimento: Capitolo 7 della dispensa "Appunti del corso di Analisi Numerica") Schemi alle differenze per Equazioni a Derivate Parziali Generalità sulle approssimazioni alle differenze. Approssimazioni semidiscrete e loro convergenza. Teorema di Lax-Richtmeyer. L'equazione del trasporto: costruzione della soluzione con il metodo delle caratteristiche. Schema di approssimazione "upwind" semidiscreto e completamente discreto, consistenza e stabilità. L'equazione del calore: approssimazione di Fourier. Approssimazione per differenze centrate, sua consistenza e stabilità. L'equazione di Poisson: approssimazioni di Fourier e per differenze centrate, studio della convergenza. (Riferimento: Dispensa di R. LeVeque, "Finite Difference methods for differential equations", materiale selezionato dai capitoli 1, 2, 3, 12, 13) N.B.: I riferimenti sono dati sugli appunti del corso.

### Testi

Roberto Ferretti, "Appunti del corso di Analisi Numerica", disponibile in forma elettronica sotto la pagina del corso Roberto Ferretti,

"Esercizi d'esame di Analisi Numerica", disponibile in forma elettronica sotto la pagina del corso Lucidi delle lezioni, disponibili in forma elettronica sotto la pagina del corso Materiale supplementare distribuito dal docente

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

corso di insegnamento frontale, con lezioni di laboratorio

### Modalità di valutazione

prova scritta teorica (2h30m) e prova di programmazione in matlab sui metodi numerici studiati (2h)

### English

### Prerequisites

Univariate and multivariate differential calculus, basic linear algebra, Ordinary Differential Equations

### Programme

Ordinary Differential Equations Finite difference approximation for ordinary differential equations: Euler's method. Consistency, stability, absolute stability. Second order Runge-Kutta methods. Single step implicit methods: backward Euler and Crank-Nicolson methods. Convergence of single step methods. Multi-step methods: general structure, complexity, absolute stability. Stability and consistency of multi-step methods. Adams methods, BDF methods, Predictor-Corrector methods. (Reference: Chapter 7 of course notes "Appunti del corso di Analisi Numerica") Partial Differential Equations Finite difference approximation for partial differential equations. Semi-discrete approximations and convergence. The Lax-Richtmeyer theorem. Transport equation: the method of characteristics. The "Upwind" (semi-discrete and fully-discrete) scheme, consistency and stability. Heat equation: Fourier approximation. Finite difference scheme, consistency and stability. Poisson equation: Fourier approximation. Finite difference scheme, convergence. (Reference: notes by R. LeVeque, "Finite Difference methods for differential equations", selected chapters 1, 2, 3, 12, 13)

### Reference books

Roberto Ferretti, "Appunti del corso di Analisi Numerica", in pdf on the course page Roberto Ferretti, "Esercizi d'esame di Analisi Numerica", in pdf on the course page Lecture slides in pdf on the course page Additional notes provided by the teacher

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410439 - CH410- ELEMENTI DI CHIMICA

**Docente:** IUCCI GIOVANNA

### Italiano

### Prerequisiti

Non ci sono prerequisiti

### Programma

1. Teoria atomica e struttura dell'atomo. Atomi, molecole, moli; peso atomico e peso molecolare. Atomo di Rutherford, atomo di Bohr, teoria quantistica, numeri quantici e livelli energetici; atomi polielettronici, sistema periodico. 2. Legame chimico. Legame ionico. Legame covalente: Legame  $\sigma$  e legame  $\pi$ . Molecole poliatomiche. Struttura molecolare. Ibridizzazione e risonanza. Orbitale molecolare. Legame metallico. Forze intermolecolari. 3. Nomenclatura. Ossidi, idrossidi, acidi, sali, ioni. 4. Reazioni Chimiche. Bilanciamento delle reazioni chimiche. 5. Stati di aggregazione. Stato gassoso e leggi dei gas. 6. Termodinamica. Materia, energia, calore. Primo e secondo principio. Entalpia, entropia, energia libera. 7. Stato solido: solidi ionici, molecolari, metallici, covalenti. Conduttori, semiconduttori, isolanti. 8. Liquidi ed amorfi. Cambiamenti di stato e diagrammi di stato. 9. Soluzioni. Concentrazione delle soluzioni. Proprietà colligative. Soluzioni di elettroliti. 10. Cinetica chimica. Velocità delle reazioni chimiche. Costante di velocità. Influenza della temperatura sulla velocità: equazione di Arrhenius. Catalizzatori. 11. Equilibrio chimico. Costante di equilibrio e costanti di velocità. Costante di equilibrio ed energia libera. Equilibri in fase gassosa ed eterogenea. Principio di Le Chatelier. Equazione di Van't Hoff. 12. Equilibri in soluzione. Equilibri acido base: Acidi e basi, pH, costanti di dissociazione, acidi poliprotici, idrolisi, tamponi; titolazioni acido-base, indicatori. 13. Equilibri di precipitazione: solubilità e prodotto di solubilità, effetto dello ione a comune. 14. Elettrochimica. Pile, potenziali elettrodi, equazione di Nernst. 15. Laboratorio. Titolazioni acido-base e misure di pH. Sugli argomenti svolti verranno effettuate nel corso delle lezioni esercitazioni numeriche. Sono previste due esercitazioni di laboratorio che si svolgeranno nei locali del CeDiC (Via della Vasca Navale 79).

### Testi

M. Schiavello, L. Palmisano "Fondamenti di Chimica". Edises P. Giannoccaro, S. Doronzo "Elementi di Stechiometria" Edises Periodic Table Diapositive e dispense online

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Lezioni frontali ed esercitazioni numeriche. Le lezioni in aula non verranno registrate. Sono previste due esercitazioni di laboratorio

### Modalità di valutazione

L'esame consiste di una prova scritta a cui segue un esame orale. La prova scritta consiste di 5 esercizi; ad ogni esercizio sono assegnati 6 punti. La prova scritta è valida per due appelli orali; successivamente scade. Sono previste per gli studenti che frequentano due prove scritte in itinere

### English

#### Prerequisites

Inglese There are no prerequisites

#### Programme

1. Atomic theory and structure of the atom. Atoms, molecules, moles; atomic weight and molecular weight. Rutherford model, Bohr model, quantum theory, quantum numbers and energy levels; polyelectronic atoms, periodic system. 2. Chemical bond. Ionic bond. Covalent bond:  $\sigma$  bond and  $\pi$  bond. Polyatomic molecules. Molecular structure. Hybridization and resonance. Molecular orbital. Metallic bond. Intermolecular forces. 3. Nomenclature. Oxides, hydroxides, acids, salts, ions. 4. Chemical reactions. Balancing chemical reactions. 5. States of aggregation. Gaseous state and gas laws. 6. Thermodynamics. Matter, energy, heat. First and second principle. Enthalpy, entropy, free energy. 7. Solid state: ionic, molecular, metallic, covalent solids. Conductors, semiconductors, insulators. 8. Liquid and amorphous. State changes and state diagrams. 9. Solutions. Concentration of solutions. Colligative properties. Electrolyte solutions. 10. Chemical kinetics. Speed of chemical reactions. Speed constant. Influence of temperature on velocity: Arrhenius equation. Catalysts. 11. Chemical equilibrium. Equilibrium constant and speed constants. Constant of equilibrium and free energy. Equilibria in the gas and heterogeneous phase. Le Chatelier's principle. Van't Hoff equation. 12. Equilibrium in solution. Acid-base equilibria: Acids and bases, pH, dissociation constants, polyprotic acids, hydrolysis, buffers; acid-base titrations, indicators. 13. Precipitation equilibria: solubility and solubility product, common ion effect. 14. Electrochemistry. Batteries, electrode potentials, Nernst equation. 15. Laboratory. Acid-base titrations and pH measurements. Numerical exercises will be carried out on the topics covered during the lessons. There will be two laboratory exercises that will take place at CeDiC (Via della Vasca Navale 79).

#### Reference books

Shriver & Atkins' Inorganic Chemistry 7th Edition Periodica Table Slides online

#### Reference bibliography

Slides online

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410447 - CP410 - TEORIA DELLA PROBABILITÀ

**Docente:** CANDELLERO ELISABETTA

### Italiano

#### Prerequisiti

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

#### Programma

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

#### Testi

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

#### Bibliografia di riferimento

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

#### Modalità erogazione

Preferibilmente in presenza

#### Modalità di valutazione

La prova scritta (in alternativa, le prove in itinere) consisteranno di soli esercizi. Durata prevista: 2 ore. Per la prova orale si inizierà con domande relative agli eventuali errori commessi nello scritto e successivamente verranno richieste alcune delle dimostrazioni dei risultati fondamentali visti in classe.

## English

### Prerequisites

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

### Programme

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

### Reference books

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

### Reference bibliography

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

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410457 - CP430 - CALCOLO STOCASTICO

**Docente:** CAPUTO PIETRO

## Italiano

### Prerequisiti

corsi di base di probabilità e analisi

### Programma

PROCESSI STOCASTICI, MOTO BROWNIANO, INTEGRALI STOCASTICI, EQUAZIONI DIFFERENZIALI STOCASTICHE. FORMULA DI ITO. FORMULE DI FEYNMANN-KAC E APPLICAZIONI. TEMPI DI MARKOV E SOLUZIONE PROBABILISTICA DEL PROBLEMA DI DIRICHLET. APPLICAZIONI ALLA TEORIA DI WENTZEL-FREIDLIN

### Testi

P. Morters, Y. Peres: Brownian Motion, Cambridge 2010 T. LIGGETT CONTINUOUS TIME MARKOV PROCESSES: AN INTRODUCTION, AMS 2010

### Bibliografia di riferimento

E. OLIVIERI, M.E. VARES LARGE DEVIATIONS AND METASTABILITY R. DURRETT, PROBABILITY: THEORY AND EXAMPLES, THOMSON, 2000 B. OKSENDAL, STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATIONS, SPRINGER, 1994 L. KORALOV, Y. SINAI, THEORY OF PROBABILITY AND RANDOM PROCESSES, SPRINGER 2007 I. KARATZAS, S. SHREVE, BROWNIAN MOTION AND STOCHASTIC CALCULUS, SPRINGER 1991 P. BALDI, EQUAZIONI DIFFERENZIALI STOCASTICHE E APPLICAZIONI, PITAGORA U.M.I. 2000

### Modalità erogazione

lezioni

### Modalità di valutazione

esame orale

## English

### Prerequisites

basic probability theory and calculus

### Programme

STOCHASTIC PROCESSES, BROWNIAN MOTION, STOCHASTIC INTEGRALS, STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATIONS. ITO FORMULA. FEYNMANN-KAC FORMULAS AND APPLICATIONS. MARKOV TIMES AND PROBABILISTIC SOLUTION OF THE DIRICHLET PROBLEM. APPLICATIONS TO WENTZEL-FREIDLIN THEORY

## Reference books

P. Morters, Y. Peres: Bronian Motion, Cambridge 2010 T. LIGGETT CONTINUOUS TIME MARKOV PROCESSES: AN INTRODUCTION, AMS 2010

## Reference bibliography

E. OLIVIERI, M.E. VARES LARGE DEVIATIONS AND METASTABILITY R. DURRETT, PROBABILITY: THEORY AND EXAMPLES, THOMSON, 2000 B. OKSENDAL, STOCHASTIC DIFFERENTIAL EQUATIONS, SPRINGER, 1994 L. KORALOV, Y. SINAI, THEORY OF PROBABILITY AND RANDOM PROCESSES, SPRINGER 2007 I. KARATZAS, S. SHREVE, BROWNIAN MOTION AND STOCHASTIC CALCULUS, SPRINGER 1991 P. BALDI, EQUAZIONI DIFFERENZIALI STOCASTICHE E APPLICAZIONI, PITAGORA U.M.I. 2000

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410623 - CR410-CRITTOGRAFIA A CHIAVE PUBBLICA

**Docente:** MEROLA FRANCESCA

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenze di base di algebra.

#### Programma

Introduzione alla crittografia. Cenni storici. Definizione di crittosistema. Cifrari classici. Introduzione alla crittoanalisi. Introduzione alla crittografia a chiave pubblica. Il crittosistema RSA. Test di primalità. Algoritmi di fattorizzazione. Alcuni attacchi all'RSA. Il problema del logaritmo discreto. Scambio della chiave di Diffie-Hellman. Il crittosistema di Elgamal. il crittosistema di Massey-Omura. Firma digitale. Cenni su alcuni protocolli crittografici.

#### Testi

Baldoni, Ciliberto, Piacentini: Aritmetica, crittografia e codici D. Stinson: Cryptography - theory and practice

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

prova scritta: di norma 4 esercizi teorico/pratici, durata di norma 2 ore e 30. prova orale: facoltativa per una votazione  $\leq 26$

### English

#### Prerequisites

Basic knowledge of algebra.

#### Programme

Introduction to cryptography. Classic ciphers. Introduction to cryptanalysis. Introduction to public-key cryptography. The RSA cryptosystem. Primality tests. Factorization algorithms. Some attacks on the RSA. The discrete logarithm problem. Diffie-Hellman key exchange. Elgamal cryptosystem. Massey-Omura cryptosystem. Digital signatures. Overview of some cryptographic protocols.

#### Reference books

Baldoni, Ciliberto, Piacentini: Aritmetica, crittografia e codici D. Stinson: Cryptography - theory and practice

#### Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA

( FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo A )

**Docente:** REUVERS Robin Johannes Petrus

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Sistemi dinamici lineari. Oscillatore armonico forzato con o senza attrito. Teoremi di stabilità. Risonanza parametrica. Catena di oscillatori armonici accoppiati: limite del continuo e equazioni della corda vibrante. Diffusione elastica classica. Integrali primi nascosti nel problema dei due corpi e nel problema dell'oscillatore armonico tridimensionale.

### Testi

V.I. Arnol'd, Metodi Matematici della Meccanica Classica, Editori Riuniti, Roma, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Torino, 1986 G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici, 1 (Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni) e 2 (Meccanica lagrangiana e hamiltoniana) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Roma, 1976

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

lezioni frontali in aula

### Modalità di valutazione

L'esame consiste nella soluzione di un foglio di esercizi assegnati a > lezione, da restituire risolti entro l'esame orale, e in un colloquio > orale su una selezione degli argomenti trattati, da concordare col > docente

## English

### Prerequisites

none

### Programme

Linear dynamical systems. Forced harmonic oscillator with or without friction. Stability theorems. Parametric resonance. Chain of coupled harmonic oscillators: continuum limit and equations of vibrating rope. Classic elastic diffusion. Hidden prime integrals in the two-body problem and the harmonic oscillator problem

### Reference books

V.I. Arnol'd, Mathematical Methods of Classical Mechanics, Editori Riuniti, Rome, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Turin, 1986 G. Gentile, Introduction to systems dynamics, 1 (Ordinary differential equations, qualitative analysis and some applications) and 2 (Lagrangian and Hamiltonian mechanics) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Rome, 1976

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410416 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA

( FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA - Modulo B )

**Docente:** REUVERS Robin Johannes Petrus

## Italiano

### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Angoli di Eulero. Equazioni di Eulero per la dinamica del corpo rigido. Integrabilità del corpo rigido con un punto non sottoposto a forze. Trottola di Lagrange. Teorema di Arnold-Liouville. Variabili azione-angolo per l'oscillatore armonico e per il problema dei due corpi. Formulazione in variabili azione-angolo del problema dei 3 corpi ristretto. Calcolo della precessione del perielio di Mercurio. Cenni alla teoria KAM sulla convergenza della teoria delle perturbazioni classica. Cenni alla teoria statistica del moto: sistemi integrabili, quasi-integrabili e caotici. Dimostrazione del riempimento denso e uniforme del toro da parte del flusso quasi-periodico irrazionale. Frequenze di visita.

### Testi

V.I. Arnol'd, Metodi Matematici della Meccanica Classica, Editori Riuniti, Roma, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Torino, 1986 G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici, 1 (Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni) e 2 (Meccanica lagrangiana e hamiltoniana) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Roma, 1976

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

letture frontali in aula

## Modalità di valutazione

L'esame consiste nella soluzione di un foglio di esercizi assegnati a > lezione, da restituire risolti entro l'esame orale, e in un colloquio > orale su una selezione degli argomenti trattati, da concordare col > docente

## English

### Prerequisites

none

### Programme

Euler angles. Euler's equations for body dynamics rigid. Integrability of the rigid body with a point not subjected to strength. Lagrange spinning top. Arnold–Liouville theorem. Variables action-angle for the harmonic oscillator and for the problem of the two bodies. Formulation in action-angle variables of the 3 problem bodies restricted. Calculation of the precession of Mercury's perihelion. Notes on the KAM theory on the convergence of the theory of classic perturbations. Notes on the statistical theory of motion: integrable, quasi-integrable and chaotic systems. Demonstration of the dense and uniform filling of the torus by the flow quasi-periodic irrational. Visiting frequencies.

### Reference books

V.I. Arnol'd, Mathematical Methods of Classical Mechanics, Editors Riuniti, Rome, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Torino, 1986 G. Gentile, Introduction to systems dynamics, 1 (Ordinary differential equations, qualitative analysis and some applications) and 2 (Lagrangian and Hamiltonian mechanics) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Rome, 1976

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410769 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA – MODULO A

**Docente:** REUVERS Robin Johannes Petrus

## Italiano

### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Sistemi dinamici lineari. Oscillatore armonico forzato con o senza attrito. Teoremi di stabilità. Risonanza parametrica. Catena di oscillatori armonici accoppiati: limite del continuo e equazioni della corda vibrante. Diffusione elastica classica. Integrali primi nascosti nel problema dei due corpi e nel problema dell'oscillatore armonico tridimensionale.

### Testi

V.I. Arnol'd, Metodi Matematici della Meccanica Classica, Editori Riuniti, Roma, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Torino, 1986 G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici, 1 (Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni) e 2 (Meccanica lagrangiana e hamiltoniana) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Roma, 1976

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

lezioni frontali in aula

### Modalità di valutazione

L'esame consiste nella soluzione di un foglio di esercizi assegnati a > lezione, da restituire risolti entro l'esame orale, e in un colloquio > orale su una selezione degli argomenti trattati, da concordare col > docente

## English

### Prerequisites

none

### Programme

Linear dynamical systems. Forced harmonic oscillator with or without friction. Stability theorems. Parametric resonance. Chain of coupled harmonic oscillators: continuum limit and equations of vibrating rope. Classic elastic diffusion. Hidden prime integrals in the two-body problem and the harmonic oscillator problem

### Reference books

V.I. Arnol'd, Mathematical Methods of Classical Mechanics, Editors Riuniti, Rome, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Torino, 1986 G. Gentile, Introduction to systems dynamics, 1 (Ordinary differential equations, qualitative analysis and some

applications) and 2 (Lagrangian and Hamiltonian mechanics) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Rome, 1976

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410770 - FM410-COMPLEMENTI DI MECCANICA ANALITICA – MODULO B

**Docente:** REUVERS Robin Johannes Petrus

## Italiano

### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Angoli di Eulero. Equazioni di Eulero per la dinamica del corpo rigido. Integrabilità del corpo rigido con un punto non sottoposto a forze. Trottola di Lagrange. Teorema di Arnold-Liouville. Variabili azione-angolo per l'oscillatore armonico e per il problema dei due corpi. Formulazione in variabili azione-angolo del problema dei 3 corpi ristretto. Calcolo della precessione del perielio di Mercurio. Cenni alla teoria KAM sulla convergenza della teoria delle perturbazioni classica. Cenni alla teoria statistica del moto: sistemi integrabili, quasi-integrabili e caotici. Dimostrazione del riempimento denso e uniforme del toro da parte del flusso quasi-periodico irrazionale. Frequenze di visita.

### Testi

V.I. Arnol'd, Metodi Matematici della Meccanica Classica, Editori Riuniti, Roma, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Torino, 1986 G. Gentile, Introduzione ai sistemi dinamici, 1 (Equazioni differenziali ordinarie, analisi qualitativa e alcune applicazioni) e 2 (Meccanica lagrangiana e hamiltoniana) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Roma, 1976

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

letture frontali in aula

### Modalità di valutazione

L'esame consiste nella soluzione di un foglio di esercizi assegnati a > lezione, da restituire risolti entro l'esame orale, e in un colloquio > orale su una selezione degli argomenti trattati, da concordare col > docente

## English

### Prerequisites

none

### Programme

Euler angles. Euler's equations for body dynamics rigid. Integrability of the rigid body with a point not subjected to strength. Lagrange spinning top. Arnold-Liouville theorem. Variables action-angle for the harmonic oscillator and for the problem of the two bodies. Formulation in action-angle variables of the 3 problem bodies restricted. Calculation of the precession of Mercury's perihelion. Notes on the KAM theory on the convergence of the theory of classic perturbations. Notes on the statistical theory of motion: integrable, quasi-integrable and chaotic systems. Demonstration of the dense and uniform filling of the torus by the flow quasi-periodic irrational. Visiting frequencies.

### Reference books

V.I. Arnol'd, Mathematical Methods of Classical Mechanics, Editori Riuniti, Rome, 1979 G. Gallavotti, Meccanica Elementare, ed. P. Boringhieri, Turin, 1986 G. Gentile, Introduction to systems dynamics, 1 (Ordinary differential equations, qualitative analysis and some applications) and 2 (Lagrangian and Hamiltonian mechanics) L.D. Landau, E.M. Lifshitz, Meccanica, Editori Riuniti, Rome, 1976

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410693 - FM420 - SISTEMI DINAMICI

**Docente:** CORSI LIVIA

## Italiano

### Prerequisiti

Meccanica analitica (FM210)

### Programma

Geometria симпlettica e formalismo hamiltoniano. Possibili altri argomenti a seconda degli interessi degli studenti iscritti al corso.

### Testi

[Z] Zehnder - "Lectures on dynamical systems".

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Corso di letture

### Modalità di valutazione

L'esame consiste nello svolgimento di esercizi a casa e in un colloquio orale in cui lo studente dovrà discutere gli argomenti trattati a lezione.

## English

### Prerequisites

Analytical mechanics (FM210)

### Programme

Symplectic geometry and Hamiltonian formalism. Other topics, depending on the interests of the audience

### Reference books

[Z] Zehnder - "Lectures on dynamical systems".

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410878 - FM440 - FISICA MATEMATICA

**Docente:** GENTILE GUIDO

## Italiano

### Prerequisiti

Nessuno.

### Programma

I parte. Elementi di teoria ergodica. Partizioni. Frequenze di visita e moti simbolici. Moti quasi-periodici e proprietà ergodiche. Teorema di Birkhoff. Sistemi ergodici e sistemi mescolanti. Potenziali e loro energie. Misure di Gibbs: esistenza e unicità. Misure di Gibbs su  $Z_+$ . Proprietà variazionali delle misure di Gibbs. Applicazioni espansive sull'intervallo. II parte. Sistemi iperbolici. Sistemi iperbolici. Sistemi di Anosov. Esempio del gatto di Arnold. Pavimenti di Markov. Dinamica simbolica per sistemi iperbolici. Codifica della misura di volume e della sua restrizione a  $Z_+$ . Foliazioni stabili e instabili. Misura SRB. Stabilità strutturale e perturbazioni del gatto di Arnold. Serie perturbative e tecniche diagrammatiche per la funzione di coniugazione e per i coefficienti di espansione e di contrazione. Gatti di Arnold accoppiati. III parte. Sincronizzazione in sistemi caotici. Sistemi parzialmente iperbolici in presenza di interazioni dissipative. Costruzione di un attrattore locale, coniugazione con il sistema linearizzato e calcolo degli esponenti di Ljapunov. Studio delle correlazioni.

### Testi

G. Gallavotti, F. Bonetto, G. Gentile Aspects of the ergodic, qualitative and statistical theory of motion Springer, Berlin, 2004.

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Lezioni frontali ed esercitazioni.

### Modalità di valutazione

L'esame consiste in un colloquio orale in cui lo studente dovrà discutere gli argomenti trattati a lezione, con riferimento ai testi utilizzati.

## English

### Prerequisites

None.

### Programme

Part I. Elements of ergodic theory. Partitions. Frequencies of visit and symbolic motions. Quasi-periodic motions and ergodic properties. Birkhoff's theorem. Ergodic and mixing systems. Potentials and energies. Gibbs measures: existence and uniqueness. Gibbs measures on  $Z_+$ . Variational properties of Gibbs measures. Expansive maps on the interval. Part II. Hyperbolic systems. Hyperbolic systems. Anosov systems. Arnold's cat. Markov pavements. Symbolic dynamics for Anosov systems. Codes for the volume measure and its restriction to  $Z_+$ . Stable and unstable foliations. SRM measure. Structural stability and perturbations of Arnold's cat. Perturbation series and diagrammatic techniques for the conjugation and for the expansion and contraction coefficients. Coupled Arnold's cats. Part III. Synchronization in chaotic systems. Partially hyperbolic systems in the presence of dissipative interactions. Construction of a local attractor, conjugation to the linearized system and computation of the Lyapunov exponents. Study of the correlations.

### Reference books

G. Gallavotti, F. Bonetto, G. Gentile Aspects of the ergodic, qualitative and statistical theory of motion Springer, Berlin, 2004.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410878 - FM440 - FISICA MATEMATICA

**Docente:** CORSI LIVIA

### Italiano

#### Prerequisiti

Nessuno.

#### Programma

I parte. Elementi di teoria ergodica. Partizioni. Frequenze di visita e moti simbolici. Moti quasi-periodici e proprietà ergodiche. Teorema di Birkhoff. Sistemi ergodici e sistemi mescolanti. Potenziali e loro energie. Misure di Gibbs: esistenza e unicità. Misure di Gibbs su  $Z_+$ . Proprietà variazionali delle misure di Gibbs. Applicazioni espansive sull'intervallo. II parte. Sistemi iperbolici. Sistemi iperbolici. Sistemi di Anosov. Esempio del gatto di Arnold. Pavimenti di Markov. Dinamica simbolica per sistemi iperbolici. Codifica della misura di volume e della sua restrizione a  $Z_+$ . Foliazioni stabili e instabili. Misura SRB. Stabilità strutturale e perturbazioni del gatto di Arnold. Serie perturbative e tecniche diagrammatiche per la funzione di coniugazione e per i coefficienti di espansione e di contrazione. Gatti di Arnold accoppiati. III parte. Sincronizzazione in sistemi caotici. Sistemi parzialmente iperbolici in presenza di interazioni dissipative. Costruzione di un attrattore locale, coniugazione con il sistema linearizzato e calcolo degli esponenti di Lyapunov. Studio delle correlazioni.

#### Testi

G. Gallavotti, F. Bonetto, G. Gentile Aspects of the ergodic, qualitative and statistical theory of motion Springer, Berlin, 2004.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Lezioni frontali ed esercitazioni.

#### Modalità di valutazione

L'esame consiste in un colloquio orale in cui lo studente dovrà discutere gli argomenti trattati a lezione, con riferimento ai testi utilizzati.

### English

#### Prerequisites

None.

#### Programme

Part I. Elements of ergodic theory. Partitions. Frequencies of visit and symbolic motions. Quasi-periodic motions and ergodic properties. Birkhoff's theorem. Ergodic and mixing systems. Potentials and energies. Gibbs measures: existence and uniqueness. Gibbs measures on  $Z_+$ . Variational properties of Gibbs measures. Expansive maps on the interval. Part II. Hyperbolic systems. Hyperbolic systems. Anosov systems. Arnold's cat. Markov pavements. Symbolic dynamics for Anosov systems. Codes for the volume measure and its restriction to  $Z_+$ . Stable and unstable foliations. SRM measure. Structural stability and perturbations of Arnold's cat. Perturbation series and diagrammatic techniques for the conjugation and for the expansion and contraction coefficients. Coupled Arnold's cats. Part III. Synchronization in chaotic systems. Partially hyperbolic systems in the presence of dissipative interactions. Construction of a local attractor, conjugation to the linearized system and computation of the Lyapunov exponents. Study of the correlations.

#### Reference books

G. Gallavotti, F. Bonetto, G. Gentile Aspects of the ergodic, qualitative and statistical theory of motion Springer, Berlin, 2004.

#### Reference bibliography

## Study modes

## Exam modes

# 20410622 - FS400 - INTRODUZIONE ALLA FISICA MODERNA

**Docente:** FRANZIA DARIO

## Italiano

### Prerequisiti

Conoscenze basilari di fisica generale e di matematica dalla laurea triennale. Le nozioni necessarie vengono comunque brevemente richiamate durante il corso.

### Programma

Parte I Invito Fisica fondamentale come teoria del moto. La rivoluzione del XX secolo: Meccanica Quantistica, Relatività Speciale e Generale, Teoria Quantistica dei Campi. La sfida della gravità quantistica. Costanti fondamentali:  $h$ ,  $c$  e  $G$ . Il cubo delle teorie. Introduzione: lo stato della fisica alla fine del XIX secolo Precessione del perielio di Mercurio. La scoperta della radioattività. Michelson e Morley e la velocità della luce. Radiazione di corpo nero. Effetto fotoelettrico. Diffusione Compton. Lunghezza d'onda Compton. De Broglie e le onde della materia. Davisson e Germer e diffrazione elettronica. Indizi negletti: equivalenza di massa inerziale e massa gravitazionale. Azione a distanza. Affinità tra forza gravitostatica e forza elettrostatica. Intermezzo matematico: Onde. Parte II: Relatività Speciale Sistemi di riferimento e osservatori. Relatività galileiana. Principi di meccanica newtoniana. Trasformazioni galileiane. Equazioni di Maxwell e onde elettromagnetiche. L'ipotesi dell'etere e l'esperimento di Michelson-Morley. Costanza di  $c$  e principi di Relatività Speciale. Diagrammi spazio-temporali. Simultaneità. Boost di Lorentz.  $c$  come velocità massima di ogni segnale. Contrazione delle lunghezze e dilatazione dei tempi. L'esempio dei muoni atmosferici. Invarianza dell'intervallo spazio-temporale. Spazio di Minkowski. Intervalli temporali, nulli e spaziali. Tempo proprio. Struttura causale dello spazio di Minkowski. Composizione delle velocità. Effetti Doppler. Il paradosso dei gemelli. Il paradosso del garage. Dilatazione del tempo e effetti gravitazionali. Isometrie nello spazio di Minkowski: pseudo-ortogonalità e trasformazioni di Lorentz. Quadrivettori: velocità e accelerazione relativistiche. Dinamica relativistica: principio di azione. Energia, quantità di moto e conservazione del quadrimpulso. Relazione di dispersione. Particelle di massa nulla. Forza relativistica. Formulazione covariante dell'elettromagnetismo: tensore di Maxwell ed equazioni inhomogenee. La forza di Lorentz. Equazioni di Maxwell omogenee: il potenziale vettore; invarianza di gauge e suo significato. Parte III: Meccanica Quantistica Spin e qubits. Esperimenti di Stern-Gerlach. Stati fisici. Stati di spin: base e normalizzazione. Fasi globali. Notazione di Dirac: bra e ket. Principi della MQ: stati, osservabili, misure, interpretazione probabilistica. Matrici di Pauli e osservabili di spin. Spettro dell'operatore di spin lungo una direzione arbitraria. Evoluzione temporale. Operatore  $U(t, t_0)$ . Unitarietà e suo significato. Equazione di Schrödinger. Hamiltoniano. Evoluzione temporale dei valori medi. Meccanica classica e parentesi di Poisson. Leggi di conservazione. Spin in un campo magnetico. Osservabili compatibili e incompatibili. Il principio di indeterminazione. Sistemi di due qubits. Stati prodotto e stati entangled. Stati di singoletto e tripletto. Osservabili su sistemi composti. Stati puri e stati misti: la matrice densità. Entanglement e matrice di densità. Test dell'entanglement. Onde e particelle. Operatori di posizione e quantità di moto e loro autofunzioni. Cenni sulla quantizzazione canonica. Hamiltoniano delle particelle libere e suo spettro. Formulazione quantistica della seconda legge di Newton. L'oscillatore armonico. Operatori di creazione e annichilazione. Livelli energetici. Regioni classicamente proibite: l'effetto tunnel. Verso la meccanica quantistica relativistica. Intermezzi matematici: Spazi vettoriali complessi. Prodotto scalare. Operatori hermitiani. Prodotti esterni e proiettori. Relazione di completezza. Operatori con spettro continuo.

### Testi

-Susskind L and Friedman A, Meccanica quantistica -- Raffaello Cortina Editore 2015 -Susskind L and Friedman A, Relatività ristretta e teoria classica dei campi -- Raffaello Cortina Editore 2018

### Bibliografia di riferimento

-Weinberg S, Foundations of modern physics (Cambridge, 2021). -Schutz B A first course in General Relativity (Cambridge, 2009, 2022) -Lubicz V, Appunti di Meccanica Quantistica (<http://webusers.fis.uniroma3.it/~lubicz/Appunti-MQ.pdf>)

### Modalità erogazione

Lezioni frontali

### Modalità di valutazione

L'esame finale prevede un'interrogazione orale con due domande: una sulla Relatività Speciale ed una sulla Meccanica Quantistica. Qualora gli studenti ne facessero richiesta, è possibile pianificare delle prove di esonero durante il corso.

## English

### Prerequisites

Bachelor-level knowledge of physics and mathematics. Whenever needed, all notions are anyway briefly recalled during the lectures.

### Programme

Part I Invitation Fundamental physics as a theory of motion. The revolution of the XX century: quantum mechanics, special and general relativity, quantum field theory. The challenge of quantum gravity. Basic constants:  $h$ ,  $c$  and  $G$ . The cube of theories. Introduction: the status of physics at the end of the XIX century Precession of Mercury's perihelion. The discovery of radioactivity. Michelson and Morley and the speed of light. Black body radiation. Photoelectric effect. Compton diffusion. Compton wavelength. De Broglie and matter waves. Davisson and Germer and electron diffraction. Neglected hints from the past: equivalence of inertial and gravitational masses. Action at a distance. Similarities between gravitostatic and electrostatic forces. Mathematical interlude: Waves. Part II: Special Relativity Reference systems and observers. Galilean Relativity. Principles of Newtonian mechanics. Galilean transformations. Maxwell's equations and electromagnetic waves. The aether hypothesis and Michelson-Morley's experiment. Constancy of  $c$  and principles of

Special Relativity. Space-time diagrams. Simultaneity. Boosts.  $c$  as the maximal signal speed. Length contraction and time dilation. Atmospheric muon lifetime. Invariance of the space-time interval. Minkowski space. Time-like, null and space-like intervals. Proper time. Causal structure of Minkowski space. Composition of velocities. The Doppler effects. The twin paradox. The garage paradox. Time dilation and gravitational time delay. Isometries in Minkowski space: pseudo-orthogonality and Lorentz transformations. Four-vectors: relativistic velocity and acceleration. Relativistic dynamics: action principle. Energy, momentum and conservation of the four-momentum. Dispersion relation. Particles of zero mass. Relativistic force. Covariant formulation of electromagnetism: Maxwell's tensor and inhomogeneous equations. The Lorentz force. Homogeneous Maxwell's equations: the vector potential; gauge invariance and its meaning. Part III: Quantum Mechanics Spin and qubits. Stern-Gerlach experiments. Physical states. Spin states: basis and normalization. Global phases. Bras and kets. Principles of QM: states, observables, measures, probabilistic interpretation. Pauli matrices and spin observables. Spectrum of the spin operator along an arbitrary direction. Time evolution. The operator  $U(t, t_0)$ . Unitarity and its meaning. Schrödinger's equation. Hamiltonian. Time evolution of averages. Classical mechanics and Poisson brackets. Conservation laws. Spin in magnetic field. Compatible and incompatible observables. The uncertainty principle. Two-spin systems. Product states and entangled states. Singlet and triplet states. Observables on composite systems. Pure states and mixed states: the density matrix. Entanglement and density matrix. Tests of entanglement. Waves and particles. Position and momentum operators and their eigenfunctions. Basics of canonical quantization. Free particle Hamiltonian and its spectrum. Quantum Newton's second law. The harmonic oscillator. Creation and annihilation operators. Energy levels. Classically forbidden regions: the tunnel effect. Pathway towards relativistic quantum mechanics. Mathematical interludes: Complex vector spaces. Scalar product. Hermitian operators. Exterior products and projectors. Completeness relation. Operators for continuous spectra.

### Reference books

-Susskind L and Friedman A, Quantum Mechanics. The Theoretical Minimum (2014) -Susskind L and Friedman A, Special Relativity and Classical Field Theory. The Theoretical Minimum} (2017)

### Reference bibliography

-Weinberg S, Foundations of modern physics (Cambridge, 2021). -Schutz B A first course in General Relativity (Cambridge, 2009, 2022) -Lubicz V, Lectures on Quantum Mechanics (in Italian) <http://webusers.fis.uniroma3.it/~lubicz/Appunti-MQ.pdf>

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410448 - FS410 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA FISICA

**Docente:** ORESTANO DOMIZIA

### Italiano

#### Prerequisiti

frequenza dei corsi di fisica generale FS110 (Fisica I) e FS220 (Fisica II)

#### Programma

Grandezze Fisiche. Grandezze fisiche Intensive ed Estensive. Misure dirette e indirette. Grandezze di Base e Derivate. Unità di misura. Sistemi di unità di misura. Cambiamento di unità di misura. Dimensioni fisiche principio di omogeneità e analisi dimensionale. Strumenti di misura. Strumenti Analogici e Digitali. Caratteristiche degli strumenti di misura: Portata, Soglia, Risoluzione, Linearità e Sensibilità. Accuratezza e Precisione degli strumenti. Incertezza nella misurazione. Definizione di Errore di misura. Errori casuali ed errori sistematici. Concetto di incertezza di misura. Cause delle incertezze. Incertezze di Tipo A e Tipo B. Analisi grafica dei dati Uso di Tabelle e grafici per la rappresentazione e l'analisi preliminare dei dati senza l'ausilio degli strumenti statistici. Grafici lineari, semi-logaritmici, doppio-logaritmici. Istogrammi. Propagazione delle incertezze. Incertezza nelle misurazioni indirette. Propagazione delle incertezze per grandezze indipendenti. Variabili casuali correlate. Definizione di coefficiente di correlazione. Propagazione delle incertezze per grandezze correlate Programma di laboratorio - Misurazioni di grandezze fondamentali: massa, lunghezza, tempo – Determinazione dell'incertezza sulla misura: sensibilità dello strumento, –Deviazione standard in misure ripetute, propagazione delle incertezze - Incertezza sulla media in misure ripetute e dipendenza dalle dimensioni del campione – Studio del pendolo semplice: verifica dell'indipendenza del periodo dalla massa, studio della dipendenza del periodo dalla lunghezza, misura di  $g$  – Studio del moto di un carrello sul piano inclinato, effetto dell'attrito, misura di  $g$  - Studio statico e dinamico della costante elastica di una molla – Misurazione di resistenze con metodo voltamperometrico, studio di un partitore resistivo – Studio della diffrazione - verifica della legge di Snell

#### Testi

materiale che verrà fornito durante il corso dai docenti

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

lezioni frontali in aula per gli aspetti teorici, progettazione e realizzazione di misure in laboratorio nelle esercitazioni

#### Modalità di valutazione

presentazione di un modulo didattico per scuole medie (inferiori o superiori) che includa la discussione di un'esperienza di laboratorio

### English

#### Prerequisites

attendance to the general physics courses FS110 (Fisica I) and FS220 (Fisica II)

## Programme

Physical quantities. Intensive and extensive physical quantities. Direct and indirect measurements. Basic and derived quantities. Units of measurement. Units of measurement systems. Change of units. Dimensions, physical principle of homogeneity and dimensional analysis. Measurement tools. Analogical and Digital Instruments. Characteristics of the instruments: Range, Threshold, Resolution, Linearity and Sensitivity. Accuracy and Precision. Uncertainty in measurements. Definition of measurement error. Random errors and systematic errors. Concept of measurement uncertainty. Causes of uncertainties. Uncertainties of Type A and Type B. Graphical analysis of data. Usage of tables and graphs for representation and preliminary analysis of data without the use of statistical tools. Linear, semi-logarithmic graphs, Double-logarithmic. Histograms. Propagation of uncertainties. Uncertainty in indirect measurements. Propagation of uncertainties for independent quantities. Correlated random variables. Definition of correlation coefficient. Propagation of uncertainties for correlated quantities. Laboratory program - Measurements of fundamental quantities: mass, length, time - Determination of measurement uncertainty: sensitivity of the instrument, - Standard deviation in repeated measurements, propagation of uncertainties - Uncertainty on the average in repeated measurements and dependence on sample size - Study of the pendulum: verification of the independence of the period from the mass, study of the dependence of the period on the length, measurement of  $g$  - Study of the motion of a cart on the inclined plane, effect of friction, measurement of  $g$  - Static and dynamic study of the elastic constant of a spring - Measurement of resistances with voltamperometric method, study of a resistive voltage divider - Study of diffraction - verification of Snell's law

## Reference books

notes distributed during the classes

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA

**Docente:** TARANTINO CECILIA

## Italiano

### Prerequisiti

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

### Programma

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

### Testi

Dispense disponibili sul sito del corso J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Zanichelli

### Bibliografia di riferimento

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

### Modalità erogazione

Il corso consiste in lezioni teoriche frontali, svolte dal docente titolare del corso, ed esercitazioni, svolte in parte dal docente titolare e in parte da un altro docente. Sia le lezioni che le esercitazioni vengono svolte in classe e alla lavagna (elettronica o a gesso). Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche.

### Modalità di valutazione

L'esame consiste in una prova scritta, che prevede la risoluzione di uno o più esercizi, e di una prova orale, a cui si accede dopo il superamento della prova scritta. Tutti i compiti scritti di esame e quelli delle prove in itinere degli anni precedenti sono disponibili sul sito del corso. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di valutazione degli studenti.

## English

### Prerequisites

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

### Programme

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

dependent perturbation theory. Rotations and angular momentum. Orbital angular momentum. Spin. Angular momentum composition. Identical particles. The hydrogen atom.

### Reference books

Lecture notes available on the course website J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Zanichelli An english version of the book is also available: Sakurai J.J., Modern Quantum Mechanics - Addison-Wesley

### Reference bibliography

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

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410436 - FS420 - MECCANICA QUANTISTICA

**Docente:** LUBICZ VITTORIO

### Italiano

#### Prerequisiti

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

#### Programma

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

#### Testi

ITALIANO Dispense disponibili sul sito del corso J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Zanichelli

#### Bibliografia di riferimento

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

#### Modalità erogazione

Il corso consiste in lezioni teoriche frontali, svolte dal docente titolare del corso, ed esercitazioni, svolte in parte dal docente titolare e in parte da un altro docente. Sia le lezioni che le esercitazioni vengono svolte in classe e alla lavagna (elettronica o a gesso). Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche.

#### Modalità di valutazione

L'esame consiste in una prova scritta, che prevede la risoluzione di uno o più esercizi, e di una prova orale. Lo svolgimento della prova scritta è facoltativo. I compiti scritti di esame e quelli delle prove in itinere degli anni precedenti sono disponibili sul sito del corso. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di valutazione degli studenti.

### English

#### Prerequisites

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

#### Programme

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

#### Reference books

Lecture notes available on the course website J.J. Sakurai, Jim Napolitano - Meccanica Quantistica Moderna - Zanichelli An english version of the book is also available: Sakurai J.J., Modern Quantum Mechanics - Addison-Wesley

#### Reference bibliography

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

#### Study modes

-

## Exam modes

### 20410437 - FS430- TEORIA DELLA RELATIVITÀ

**Docente:** FRANZIA DARIO

#### Italiano

#### Prerequisiti

Relatività Speciale; conoscenze base di teoria dei campi classica

#### Programma

§I. Teoria relativistica dei campi Il gruppo di Poincaré. Simmetrie globali e simmetrie locali. Primo e secondo teorema di Noether e leggi di conservazione. I tensori canonici energia-impulso e momento angolare. Improvements. Argomento di Belinfante e tensore energia-impulso simmetrico. Simmetrie locali e grandezze conservate. §II. La gravità come teoria di campo relativistica Particelle e campi in Relatività Speciale. Rappresentazioni irriducibili del gruppo di Poincaré: metodo delle rappresentazioni indotte. Particelle a massa nulla: ISO(D-2) gruppo di stabilità e invarianza di gauge. Ricostruzione della Relatività Generale. Lagrangiana di Fierz-Pauli. Metodo di Nöther e costruzione perturbativa dei vertici. Costruzione di Nöther della lagrangiana di Yang-Mills. Il vertice cubico gravitazionale trasverso e traceless. Principio di Equivalenza di Weinberg dall'invarianza relativistica della matrice S. Spin e segno delle forze statiche. §III. Elementi di geometria differenziale Spazi topologici. Varietà. Diffeomorfismi. Spazi tangenti e vettori. Basi coordinate. Operatori derivativi su varietà. Connessione di Levi-Civita. Torsione. Forme differenziali: definizione, prodotto esterno, derivate interna ed esterna duale di Hodge. Derivata di Lie e formula di Cartan. Teoria di Yang-Mills nel linguaggio delle forme. Tensore di Weyl. Tensori di Riemann e Weyl in varie dimensioni: conteggio delle componenti per irreps di GL(D). Trasformazioni conformi del tensore metrico. Spazi conformemente piatti. Campi scalari accoppiati in modo conforme. §IV. Formulazione di Cartan-Weyl e accoppiamento minimale di fermioni alla gravità Sistemi inerziali locali. Il vielbein. Trasformazioni di Lorentz locali. La connessione di spin. Il postulato del vielbein. Vincolo di torsione e formulazione del secondo ordine. Contorsione. Curvatura di Lorentz. Gravità come teoria di gauge dell'algebra di Poincaré. Connessione sull'algebra di Poincaré. Trasformazioni di Poincaré locali. Torsione e curvatura sull'algebra di Poincaré. Formulazione del primo ordine e azione di Cartan-Weyl. Relazione tra trasformazioni di gauge e diffeomorfismi. Spinori su varietà curve. Materia fermionica minimamente accoppiata. Lagrangiana di Dirac. §V. Spazi massimamente simmetrici Spazi omogenei e isotropi. Caratterizzazione di spazi massimamente simmetrici: costante di curvatura e segnatura. MSS come soluzioni di vuoto delle equazioni di Einstein con costante cosmologica. Costruzione da immersione in spazi pseudolorentziani in dimensione D+1: metrica e coefficienti di Christoffel. § VI. Il buco nero di Schwarzschild Spazi a simmetria sferica. La soluzione di Schwarzschild. Il teorema di Birkhoff. Singolarità, definizioni e criteri: singolarità di curvatura e incompletezza geodetica. Caduta libera verso l'orizzonte. Le coordinate della tartaruga. Estensione di uno spazio-tempo. Coordinate di Eddington-Finkelstein. Orizzonte degli eventi, buchi neri e buchi bianchi. Coordinate di Kruskal-Szekeres. Estensione massimale della soluzione di Schwarzschild. Diagramma di Kruskal e buchi neri eterni. (A)dS-Schwarzschild. § VII. Buchi neri più generali Diagrammi conformi. Orizzonti degli eventi. Buchi neri di Reissner-Nordström e di Kerr. Termodinamica dei buchi neri. § VIII. Energia gravitazionale Grandezze conservate nelle teorie di gauge: l'esempio della teoria di Yang-Mills. Conservazione covariante e conservazione ordinaria. Equazioni di Einstein-Hilbert per metriche asintoticamente piatte. Il tensore energia-impulso gravitazionale. Il superpotenziale. Energia e quantità di moto nella formulazione ADM. Esempio: energia ADM della soluzione di Schwarzschild. Il teorema dell'energia positiva (senza dimostrazione). Background generico con vettori di Killing. Radiazione di quadrupolo. §VIII. Simmetrie asintotiche Nozione generale di gruppo di simmetria asintotica. L'esempio della teoria di Maxwell nello spazio piatto. Formalismo dello spazio delle fasi covariante. Spaziotempo asintoticamente piatto e supertraslazioni di Bondi-van der Burg-Metzner-Sachs. Applicazioni: teoremi soffici ed effetti memoria. Nota: alcuni argomenti possono essere assegnati come problemi, come alternativa all'esame orale

#### Testi

-Carroll S, Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity (Addison-Wesley 2014/Cambridge University Press, 2019)  
-Wald R, General Relativity (The University of Chicago Press, 1984) -Weinberg S, Gravitation and Cosmology - principles and applications of the general theory of relativity, (John Wiley & Sons, 1972)

#### Bibliografia di riferimento

-Dirac P A M General Theory of Relativity (Princeton University Press, 1996) -Hawking S W and Ellis G F R, (The Large Scale Structure of Space-Time) (Cambridge University Press, 1973). -Freedman D Z and Van Proyen A, (Supergravity) (Cambridge University Press, 2012). -Ortin T (Gravity and Strings) (Cambridge University Press, 2nd ed. 2015)

#### Modalità erogazione

Lezioni frontali alla lavagna

#### Modalità di valutazione

Prova orale o svolgimento di problemi assegnati durante il corso.

#### English

#### Prerequisites

Special Relativity and some basic knowledge of classical field theory

#### Programme

§I. Relativistic Field Theory The Poincaré Group. Symmetries: global vs local. Noether's first and second theorems and conservation laws. The canonical stress-energy and angular momentum tensors. Improvements. Belinfante's argument and symmetric energy-momentum tensor. Local symmetries and conserved quantities. §II. Gravity as a relativistic field theory Particles and fields in Special Relativity. Irreps of the Poincaré group: Wigner's induced representation method. Massless particles: ISO(D-2) little group and gauge invariance. From relativistic massless spin-2 particles to full GR. Fierz-Pauli quadratic Lagrangian. Nöther method and non-linear completions. Nöther's construction of Yang-Mills Lagrangian. The transverse-traceless gravitational cubic vertex. Weinberg's Equivalence Principle from relativistic invariance of the S matrix. Spin and the sign of static forces. §III. Elements of differential geometry Topological spaces. Manifolds. Diffeomorphisms. Tangent spaces and vectors. Coordinate basis. Derivative operators on manifolds.

Levi-Civita connection. Torsion. Differential forms: definition, wedge product, interior and exterior derivatives, Hodge dual. Lie derivative of forms and Cartan's formula. Yang-Mills theory in the language of forms. Weyl tensor. Riemann and Weyl tensors in various dimensions: counting components for irreps of  $GL(D)$ . Conformal transformations of the metric tensor. Conformally flat spaces. Conformally coupled scalar fields. §IV. The Cartan-Weyl formulation of GR and Fermionic couplings Local inertial frames. The frame field and its relation to the metric field. Local Lorentz transformations. The spin connection. The vielbein postulate. Torsion constraint and second-order formulation. The contorsion tensor. Local Lorentz curvature. Gravity as a gauge theory of the Poincaré algebra. Connection one-forms on the Poincaré algebra. Local Poincaré transformations. Torsion and curvature over the Poincaré algebra. First-order formulation and Cartan-Weyl's action. Relation between gauge transformations and diffeomorphisms. Spinors on curved manifolds. Minimally coupled Fermionic matter. Dirac Lagrangian. §V. Maximally symmetric spaces Homogeneous and isotropic spaces. Characterisation of maximally symmetric spaces: curvature constant and signature. MSS as vacuum solutions to the EH equations with cosmological constant. Construction from embedding in  $(D+1)$  pseudo-Lorentzian spaces: metric and Christoffel coefficients. §VI. The Schwarzschild black hole Spherically symmetric spaces. The Schwarzschild solution. Birkhoff's theorem. Singularities, definitions and criteria: curvature singularities and geodesic incompleteness. Free-fall towards the horizon. The tortoise coordinate. Extension of a space-time. Eddington-Finkelstein coordinates. Event horizons, black holes and white holes. Kruskal-Szekeres coordinates. Maximal extension of the Schwarzschild solution. Kruskal's diagram and eternal black holes. (A)dS-Schwarzschild space-time. §VII. More general black holes Conformal diagrams. Event horizons. Reissner-Nordström and Kerr black holes. Black hole thermodynamics. §VII. Gravitational energy Conserved quantities in gauge theories: the example of Yang-Mills theory. Covariant conservation and ordinary conservation. Einstein-Hilbert equations for asymptotically flat metrics. Candidate for gravitational energy-momentum tensor. The superpotential. ADM energy and momentum. Example: ADM energy of the Schwarzschild solution. The positive-energy theorem (without proof). Generic background with Killing vectors. Quadrupole radiation. §VIII. Asymptotic symmetries General notion of asymptotic symmetry group. The example of Maxwell's theory in flat space. Covariant phase space formalism. Asymptotically flat spacetime and Bondi-van der Burg-Metzner-Sachs supertranslations. Applications: soft theorems and memory effects. Note: some topics may be assigned as homework problems, as an alternative to the oral exam

### Reference books

-Carroll S, Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity (Addison-Wesley 2014/Cambridge University Press, 2019)  
-Wald R, General Relativity (The University of Chicago Press, 1984) -Weinberg S, Gravitation and Cosmology - principles and applications of the general theory of relativity, (John Wiley & Sons, 1972)

### Reference bibliography

-Dirac P A M General Theory of Relativity (Princeton University Press, 1996) -Hawking S W and Ellis G F R, (The Large Scale Structure of Space-Time) (Cambridge University Press, 1973). -Freedman D Z and Van Proyen A, (Supergravity) (Cambridge University Press, 2012). -Ortin T (Gravity and Strings) (Cambridge University Press, 2nd ed. 2015)

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410435 - FS440 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI

**Docente:** Branchini Paolo

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuno

#### Programma

Lo scopo del corso è fornire allo studente gli elementi cognitivi generali che sottendono alla realizzazione di sistemi di acquisizione, controllo e monitoraggio degli esperimenti di Fisica Nucleare e Subnucleare. Il corso è articolato sui seguenti argomenti: - Introduzione ai sistemi di DAQ - Parallelismo e Pipelining - Derandomizzazione - DAQ e Trigger - Trasmissione Dati - Front End Electronics - Trigger - Architettura Sistemi di Calcolo - Sistemi Real Time - Real Time Operating Systems - Linguaggio C - Linguaggio HDL rudimenti e simulazione - Protocolli di Rete TCP/IP - Architetture DAQ - Event Building - VME Bus - Run Control - Farming - Archiviazione Dati

#### Testi

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

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Le lezioni si svolgono in modalità tradizionale, in aula, spesso con l'ausilio di proiezioni di slides per la gestione dei dati. Solo in caso di perdurare dell'emergenza COVID19 le lezioni saranno svolte in modalità remota attraverso sistemi di videoconferenza e di attività collaborativa. Il Materiale Didattico è disponibile sul server Moodle predisposto dall'Ateneo per Matematica e Fisica: <https://matematicafisica.el.uniroma3.it> Durante il corso si svolgeranno delle esercitazioni in Laboratorio con la esecuzione di semplici esempi di: - sistemi di lettura e trasferimento dati tramite meccanismi di pipe con processi concorrenti; - Introduzione alla simulazione con linguaggio HDL di strutture di hardware - programmi di simulazione di trigger basati su segnali; - programma di Run Control per attivazione e terminazione di processi; - configurazione e lettura di dati da scheda su bus VME.

#### Modalità di valutazione

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

### English

## Prerequisites

none

## Programme

The aim of the course is to provide the student with the general cognitive elements underlying the acquisition, control and monitoring systems of Nuclear and Subnuclear Physics experiments. The course is divided into the following topics: -Introduction to DAQ -Parallelism and Pipelining systems -Derandomization -DAQ and Trigger -Data Transmission -Front End Electronics -Trigger -Architecture Computing Systems -Real Time Systems -Real Time Operating Systems -C Language - VHDL Language -TCP / IP Network Protocols -DAQ Architecture - Event Building -VME Bus -Run Control -Farming -Data Archiving

## Reference books

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

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410434 - FS450 - ELEMENTI DI MECCANICA STATISTICA

**Docente:** RAIMONDI ROBERTO

## Italiano

### Prerequisiti

### Programma

PROGRAMMA DEL CORSO: i numeri tra parentesi fanno riferimento al capitolo e paragrafo del libro di testo adottato Teoria cinetica. Equazione di Boltzmann. Teorema H. (1, Par.2.1,2.2,2.3,2.4) Distribuzione di Maxwell-Boltzmann. (1, Par. 2.5) Spazio delle fasi e Teorema di Liouville. (1, Par. 3.1,3.2) Ensembles di Gibbs. Ensemble microcanonico. Entropia. (1, Par. 3.3,3.4) Gas perfetto nell'ensemble microcanonico. (1, Par. 3.6) Teorema di equipartizione. (1, Par. 3.5) Ensemble canonico. (1, Par.4.1). Funzione di partizione ed energia libera. Fluttuazioni di energia. (1 Par. 4.4) Ensemble grancanonico. Granpotenziale. Il gas perfetto nell'ensemble grancanonico (1 Par. 4.3). Fluttuazioni del numero di particelle. (1 Par. 4.4) Teoria classica della risposta lineare e teorema di fluttuazione-dissipazione. (1, Par. 8.4). Teoria del moto Browniano di Einstein e Langevin. (Par. 1 par. 11.1,11.2). Teoria del rumore termico di Johnson-Nyquist. (1 Par. 11.3). Meccanica Statistica quantistica e matrice densità. (1, Par. 6.2,6.3,6.4) Statistiche quantistiche di Fermi-Dirac e Bose-Einstein (1, Par. 7.1) Il gas di Fermi. Sviluppo di Sommerfeld. Calore specifico elettronico. (1, Par. 7.2) Il gas di Bose. Condensazione di Bose-Einstein. (1, Par. 7.3) Teoria della radiazione di corpo nero. (1, Par. 7.5) Piattaforma Moodle e-Learning del Dipartimento con materiale supplementare

### Testi

Testo di riferimento: 1) C. Di Castro and R. Raimondi, Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter, Cambridge University Press, 2015.

### Bibliografia di riferimento

Altri testi consigliati: 2) K. Huang, Meccanica Statistica, Zanichelli, 1997. 3) L. Peliti, Appunti di Meccanica Statistica, Bollati Boringhieri, 2003. 4) Joel L. Lebowitz, Statistical mechanics: A selective review of two central issues, Reviews of Modern Physics, 71, S346 (1999).

### Modalità erogazione

Il corso presenta lezioni teoriche ed esercitazioni. Durante quest'ultime vengono presentati e svolti, coinvolgendo attivamente gli studenti in aula, problemi proporzionati alla quantità di materiale svolto.

### Modalità di valutazione

La prova scritta consiste nel risolvere problemi a risposta multipla riguardanti la meccanica statistica di sistemi classici e la meccanica statistica di sistemi quantistici. I problemi proposti per l'esame rientrano nella tipologia di quelli svolti durante le esercitazioni del corso. La prova orale consiste in due domande di carattere teorico, una dedicata alla meccanica statistica dei sistemi classici ed una relativa a quella dei sistemi quantistici. Il voto finale combina il voto della prova scritta e di quella orale ed è espresso in trentesimi.

## English

### Prerequisites

### Programme

CONTENTS OF THE LECTURES: the numbers in round brackets refer to the chapter and section of the textbook adopted. Kinetic theory of gases. Boltzmann equation and H theorem. (1, Par.2.1,2.2,2.3,2.4) Maxwell-Boltzmann distribution. (1, Par. 2.5) Phase space and Liouville theorem. (1, Par. 3.1,3.2) Gibbs ensembles. Micro canonical ensemble. Definition of entropy. (1, Par. 3.3,3.4) The ideal gas in the micro canonical ensemble. (1, Par. 3.6) The equipartition theorem. (1, Par. 3.5) The canonical ensemble. (1, Par.4.1). The partition function and the free energy. Fluctuations of energy in the canonical ensemble. (1 Par. 4.4) The grand canonical ensemble. The grand potential. The ideal gas in the grand canonical ensemble. (1 Par. 4.3). Fluctuations of the particle number. (1 Par. 4.4) Classical theory of the linear response and fluctuation-dissipation theorem. (1, Par. 8.4). Einstein and Langevin theories of the Brownian

motion. (Par. 1 par. 11.1,11.2). Johnson-Nyqvist theory of thermal noise. (1 Par. 11.3). Quantum statistical mechanics and the density matrix. (1, Par. 6.2,6.3,6.4) Fermi-Dirac and Bose-einstein quantum statistics. (1, Par. 7.1) The Fermi gas. The Sommerfeld expansion and the electron specific heat. (1, Par. 7.2) The Bose gas. The Bose-Einstein condensation. (1, Par. 7.3) Quantum theory of black-body radiation. (1, Par. 7.5) e-Learning Moodle Platform with Supplementary Material

### Reference books

Suggested textbook: 1) C. Di Castro and R. Raimondi, *Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter*, Cambridge University Press, 2015.

### Reference bibliography

Further reading: 2) K. Huang, *Meccanica Statistica*, Zanichelli, 1997. 3) L. Peliti, *Appunti di Meccanica Statistica*, Bollati Boringhieri, 2003. 4) Joel L. Lebowitz, *Statistical mechanics: A selective review of two central issues*, *Reviews of Modern Physics*, 71, S346 (1999).

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410566 - FS470 - PRINCIPI DI ASTROFISICA

**Docente:** MATT GIORGIO

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuno

#### Programma

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

#### Testi

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

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

lezioni tradizionali in aula

#### Modalità di valutazione

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

### English

#### Prerequisites

none

#### Programme

Topics Part A • Coordinates and Telescopes • Elements of Spectroscopy • Stars and Stellar Evolution • Galaxies • Active Galactic Nuclei  
 Program Part A • Overview • Celestial coordinates (1.3) • Telescopes and resolving power (6.1) • Parallax distance (3.1) • Flux, brightness, apparent and absolute magnitudes, colors (3.2, 3.3, 3.6) • The black body (3.4, 3.5) • Hertzsprung-Russel diagram (8.2) • Open and globular clusters: position, stellar populations and HR diagram (13.3) • White dwarfs, Novae and SuperNovae (notes and partly in 15 and 16) • The classification of galaxies (24.1) • The rotation curve of galaxies and dark matter (25.3) • The center of the

Galaxy and its Black Hole (25.4) • Hubble's law and expansion of the Universe (27.2) • Probability of collision between stars and galaxies (handouts) • Black Holes: outline of General Relativity (outline 17) • Active Galactic Nuclei (28.1, 28.2, 28.3) Topics Part B • Structure and stellar evolution • Elements of Spectroscopy • Distances and expansion of the Universe • Galaxies • GRB and gravitational waves Program Part B • Accretion disks and X-ray emission in Active Galactic Nuclei (28.2) • Stars of Neutrons and Pulsars (16.6, 16.7) • Gamma Ray Bursts (handouts) • Gravitational Waves (lecture notes) • Spectroscopy: eq. Boltzmann-excitation and Saha-ionization (8.1) • Spectroscopy: speed, temperature and density measurements (handouts) • Eq. of star structure, time and Kelvin-Helmholtz instability (11.1-4) • Nuclear reactions of hydrogen (11.3) • Jeans mass of gravitational collapse, free-fall time and Initial Mass Function (12.2, 12.3) • The Milky Way and the local group (25.1, 25.2) • Metallicity (25.2) • Transit of Venus and measurement of the Earth-Sun distance (handouts) • Distance scale (27.1) • Hubble's law and expansion of the Universe (27.2) • Local Group, Clusters of Galaxies, large scale structure of the Universe (27.3) • The Big Bang and the background radiation (29.2) brief notes and lecture notes)

### Reference books

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

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410566 - FS470 - PRINCIPI DI ASTROFISICA

**Docente:** LA FRANCA FABIO

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuno

#### Programma

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

#### Testi

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

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

lezioni tradizionali in aula

#### Modalità di valutazione

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

### English

#### Prerequisites

none

## Programme

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

## Reference books

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

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410748 - FS490 - EDUCATION & OUTREACH, LA COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA

**Docente:** GIACOMINI Livia

## Italiano

### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Il percorso formativo proposto si basa sul concetto di case study: verranno presentati esempi specifici e argomenti selezionati per il loro interesse scientifico e mediatico. Intorno ai case study, il corso sarà organizzato con didattica laboratoriale: verranno realizzati dei veri e propri laboratori di comunicazione in cui gli studenti, lavorando in squadra e guidati da ricercatori e professionisti della comunicazione scientifica, analizzeranno l'esempio specifico e progetteranno e realizzeranno una serie di strumenti di comunicazione specifici (articoli di divulgazione scientifica, siti web, blog, interviste e audio/video ecc). Il percorso formativo avrà inoltre una impronta tecnologica, prendendo in considerazione le nuove tecnologie multimediali applicate alla comunicazione, presentando, utilizzando e integrando software e soluzioni open source disponibili al momento. Il programma Il programma proposto prevede un percorso di 52 ore che include 40 ore di lezioni di insegnamento frontale e 12 ore di laboratorio pratico. 12 ore sono in comune con il corso di comunicazione per il Dottorato in Fisica. Introduzione alla comunicazione scientifica • Gli assiomi della comunicazione, dal linguaggio corporeo alla progettazione di un Communication Plan. • La comunicazione scientifica: Perché comunicare la scienza? • I diversi tipi di comunicazione nel mondo della ricerca e dell'Università. • Progettare un evento per il pubblico: la comunicazione in 5 mosse. • L'immagine e la comunicazione della scienza. Parlare in pubblico di scienza • Come si parla in pubblico: differenze tra conferenza stampa, dibattito e conferenza divulgativa • Le regole base per parlare in pubblico • Materiali multimediali per parlare di scienza al pubblico: slide, audio, video. Scrivere di scienza • Le basi del giornalismo scientifico: riflessioni sul linguaggio della carta stampata all'audio/video. • Le differenze tra un articolo divulgativo, un articolo scientifico e un comunicato stampa. • La scrittura per l'audio/video: lo storyboard. La comunicazione visiva della scienza • L'immagine e la comunicazione della scienza • Progettare e realizzare un'immagine La scienza sul web • Come è comunicata la scienza sul web • Il web 2.0 e la scienza • Realizzare un sito web Organizzare un evento per il pubblico • Il Communication Plan di una osservazione astronomica per una classe • Realizzare una serata osservativa

### Testi

"Comunicare la scienza" di Giovanni Carrada <https://www.mestierediscrivere.com/uploads/files/comunicarelascienza.pdf>

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il percorso formativo proposto si basa sul concetto di case study: verranno presentati esempi specifici e argomenti selezionati per il loro interesse scientifico e mediatico. Intorno ai case study, il corso sarà organizzato con didattica laboratoriale: verranno realizzati dei veri e propri laboratori di comunicazione in cui gli studenti, lavorando in squadra e guidati da ricercatori e professionisti della comunicazione scientifica, analizzeranno l'esempio specifico e progetteranno e realizzeranno una serie di strumenti di comunicazione specifici (articoli di divulgazione scientifica, siti web, blog, interviste e audio/video ecc). Il percorso formativo avrà inoltre una impronta tecnologica, prendendo in considerazione le nuove tecnologie multimediali applicate alla comunicazione, presentando, utilizzando e integrando software e soluzioni open source disponibili al momento.

## Modalità di valutazione

L'esame consiste nella discussione dei prodotti realizzati durante i laboratori del corso e un colloquio orale.

## English

### Prerequisites

none

### Programme

This course is based on the use of case studies, interesting examples of science communication that will be presented and analysed during the lessons. On the examples of these case studies, communication laboratories and practical activities will be organized. Students will work in team, guided by researchers and professional communicators, to plan and produce specific communication tools (articles, websites, blogs, audio/video etc). The course will also take in account the technological aspects related to communication, introducing and examining selected open source software. The program The course is 52 hours long, including 40 ore of lessons and 12 hours of lab activities. 12 hours are in common with the "Communicating Science" PhD course. Introduction to science communication • The postulates of communication: from body language to the communication plan • About science communication: why should we communicate science? • Different types of communication, including in the academic & research world • Planning an event for the public: the 5 steps strategy • Visual communication and science Speaking to the public about science • Introduction to verbal communication: from public talks to press conferences • The basics of public speaking in science • Slides, audio/video and multimedia tools Writing about science • Introducing science journalism • Differences between a scientific article, a press release and outreach articles • Writing for video: the storyboard Visual communication of science • How to communicate science with images • How to plan and produce an image Communicating science on web • How is science communicated on the web • Science and web 2.0 • How to plan and produce a website Organization of a public event • The communication plan of a public event • Organizing an astronomical observation event

### Reference books

"The hands-on guide for science communicators: a step-by-step approach to public outreach" di Lars Lindberg Christensen  
[https://play.google.com/store/books/details?id=GI\\_fpb4xFX4C&rdid=book-GI\\_fpb4xFX4C&rdot=1&source=gbs\\_vpt\\_read&pcampaignid=books\\_booksea](https://play.google.com/store/books/details?id=GI_fpb4xFX4C&rdid=book-GI_fpb4xFX4C&rdot=1&source=gbs_vpt_read&pcampaignid=books_booksea)

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410748 - FS490 - EDUCATION & OUTREACH, LA COMUNICAZIONE DELLA SCIENZA

**Docente:** BERNIERI ENRICO

## Italiano

### Prerequisiti

nessuno

### Programma

Il percorso formativo proposto si basa sul concetto di case study: verranno presentati esempi specifici e argomenti selezionati per il loro interesse scientifico e mediatico. Intorno ai case study, il corso sarà organizzato con didattica laboratoriale: verranno realizzati dei veri e propri laboratori di comunicazione in cui gli studenti, lavorando in squadra e guidati da ricercatori e professionisti della comunicazione scientifica, analizzeranno l'esempio specifico e progetteranno e realizzeranno una serie di strumenti di comunicazione specifici (articoli di divulgazione scientifica, siti web, blog, interviste e audio/video ecc). Il percorso formativo avrà inoltre una impronta tecnologica, prendendo in considerazione le nuove tecnologie multimediali applicate alla comunicazione, presentando, utilizzando e integrando software e soluzioni open source disponibili al momento. Il programma Il programma proposto prevede un percorso di 52 ore che include 40 ore di lezioni di insegnamento frontale e 12 ore di laboratorio pratico. 12 ore sono in comune con il corso di comunicazione per il Dottorato in Fisica. Introduzione alla comunicazione scientifica • Gli assiomi della comunicazione, dal linguaggio corporeo alla progettazione di un Communication Plan. • La comunicazione scientifica: Perché comunicare la scienza? • I diversi tipi di comunicazione nel mondo della ricerca e dell'Università. • Progettare un evento per il pubblico: la comunicazione in 5 mosse. • L'immagine e la comunicazione della scienza. Parlare in pubblico di scienza • Come si parla in pubblico: differenze tra conferenza stampa, dibattito e conferenza divulgativa • Le regole base per parlare in pubblico • Materiali multimediali per parlare di scienza al pubblico: slide, audio, video. Scrivere di scienza • Le basi del giornalismo scientifico: riflessioni sul linguaggio della carta stampata all'audio/video. • Le differenze tra un articolo divulgativo, un articolo scientifico e un comunicato stampa. • La scrittura per l'audio/video: lo storyboard. La comunicazione visiva della scienza • L'immagine e la comunicazione della scienza • Progettare e realizzare un'immagine La scienza sul web • Come è comunicata la scienza sul web • Il web 2.0 e la scienza • Realizzare un sito web Organizzare un evento per il pubblico • Il Communication Plan di una osservazione astronomica per una classe • Realizzare una serata osservativa

### Testi

"Comunicare la scienza" di Giovanni Carrada <https://www.mestierediscrivere.com/uploads/files/comunicarelascienza.pdf>

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il percorso formativo proposto si basa sul concetto di case study: verranno presentati esempi specifici e argomenti selezionati per il loro

interesse scientifico e mediatico. Intorno ai case study, il corso sarà organizzato con didattica laboratoriale: verranno realizzati dei veri e propri laboratori di comunicazione in cui gli studenti, lavorando in squadra e guidati da ricercatori e professionisti della comunicazione scientifica, analizzeranno l'esempio specifico e progetteranno e realizzeranno una serie di strumenti di comunicazione specifici (articoli di divulgazione scientifica, siti web, blog, interviste e audio/video ecc). Il percorso formativo avrà inoltre una impronta tecnologica, prendendo in considerazione le nuove tecnologie multimediali applicate alla comunicazione, presentando, utilizzando e integrando software e soluzioni open source disponibili al momento.

### Modalità di valutazione

L'esame consiste nella discussione dei prodotti realizzati durante i laboratori del corso e un colloquio orale.

### English

#### Prerequisites

none

#### Programme

This course is based on the use of case studies, interesting examples of science communication that will be presented and analysed during the lessons. On the examples of these case studies, communication laboratories and practical activities will be organized. Students will work in team, guided by researchers and professional communicators, to plan and produce specific communication tools (articles, websites, blogs, audio/video etc). The course will also take in account the technological aspects related to communication, introducing and examining selected open source software. The program The course is 52 hours long, including 40 ore of lessons and 12 hours of lab activities. 12 hours are in common with the "Communicating Science" PhD course. Introduction to science communication • The postulates of communication: from body language to the communication plan • About science communication: why should we communicate science? • Different types of communication, including in the academic & research world • Planning an event for the public: the 5 steps strategy • Visual communication and science Speaking to the public about science • Introduction to verbal communication: from public talks to press conferences • The basics of public speaking in science • Slides, audio/video and multimedia tools Writing about science • Introducing science journalism • Differences between a scientific article, a press release and outreach articles • Writing for video: the storyboard Visual communication of science • How to communicate science with images • How to plan and produce an image Communicating science on web • How is science communicated on the web • Science and web 2.0 • How to plan and produce a website Organization of a public event • The communication plan of a public event • Organizing an astronomical observation event

#### Reference books

"The hands-on guide for science communicators: a step-by-step approach to public outreach" di Lars Lindberg Christensen

[https://play.google.com/store/books/details?id=GI\\_fpb4xFX4C&rdid=book-GI\\_fpb4xFX4C&rdot=1&source=gbs\\_vpt\\_read&pcampaignid=books\\_booksea](https://play.google.com/store/books/details?id=GI_fpb4xFX4C&rdid=book-GI_fpb4xFX4C&rdot=1&source=gbs_vpt_read&pcampaignid=books_booksea)

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410628 - FS530 - TEMI DI FILOSOFIA DELLA SCIENZA

**Docente:** DORATO MAURO

### Italiano

#### Prerequisiti

nessuno

#### Programma

Introduzione alla teoria della relatività e sue conseguenze filosofiche

#### Testi

Einstein A. Relatività. Esposizione divulgativa, Bollati Boringhieri, 2015 Mazur J. Achille e la Tartaruga. Il paradosso del moto da Zenone ad Einstein, Il Saggiatore, 2019. I primi 6 capitoli di D. Mermin, It's about time, Mit 2006. (PER CHI NON LEGGE L'INGLESE, M. Dorato, Che cos'è il tempo? Einstein, Gödel e l'esperienza del tempo, Carocci)

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

domande sui testi del corso

### English

#### Prerequisites

none

## Programme

Introduction to the theory of relativity and its philosophical consequences

## Reference books

Einstein A. Relatività. Esposizione divulgativa, Bollati Boringhieri, 2015 Mazur J. Achille e la Tartaruga. Il paradosso del moto da Zenone ad Einstein, Il Saggiatore, 2019. I primi 6 capitoli di D. Mermin, It's about time, Mit 2006. (PER CHI NON LEGGE L'INGLESE, M. Dorato, Che cos'è il tempo? Einstein, Gödel e l'esperienza del tempo, Carocci)

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1

**Docente:** TURCHET AMOS

## Italiano

### Prerequisiti

GE110, GE210, GE220

### Programma

Teoria delle varietà algebriche in spazi affini e proiettivi su campi algebricamente chiusi. Mappe razionali e morfismi e varietà di Veronese e di Segre, prodotti, proiezioni. Geometria locale delle varietà algebriche. Varietà localmente fattoriali e varietà normali; normalizzazione. Divisori, sistemi lineari e morfismi di varietà proiettive.

### Testi

1) R. Hartshorne, Algebraic geometry, Graduate Texts in Math. No. 52. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 2) I. Shafarevich, Basic algebraic geometry vol. 1, Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 3) J. Harris, Algebraic geometry (a first course), Graduate Texts in Math. No. 133. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 4) Note del corso di Lucia Caporaso

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Lezioni frontali e esercitazioni

### Modalità di valutazione

Si decideranno durante il corso eventuali prove in itinere.

## English

### Prerequisites

GE110, GE210, GE220

### Programme

Algebraic varieties in affine and projective spaces on an algebraically closed field. Rational maps and morphisms, Segre and Veronese varieties, products, projections. Local geometry of an algebraic variety. Normal varieties and normalization. Divisors, linear systems and morphisms of projective varieties.

### Reference books

1) R. Hartshorne, Algebraic geometry, Graduate Texts in Math. No. 52. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 2) I. Shafarevich, Basic algebraic geometry vol. 1, Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 3) J. Harris, Algebraic geometry (a first course), Graduate Texts in Math. No. 133. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 4) Notes of the course by Lucia Caporaso

### Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410449 - GE410 - GEOMETRIA ALGEBRICA 1

**Docente:** LELLI CHIESA MARGHERITA

## Italiano

### Prerequisiti

GE110, GE210, GE220

### Programma

Teoria delle varietà algebriche in spazi affini e proiettivi su campi algebricamente chiusi. Mappe razionali e morfismi e varietà di Veronese e di Segre, prodotti, proiezioni. Geometria locale delle varietà algebriche. Varietà localmente fattoriali e varietà normali; normalizzazione. Divisori, sistemi lineari e morfismi di varietà proiettive.

### Testi

1) R. Hartshorne, Algebraic geometry, Graduate Texts in Math. No. 52. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 2) I. Shafarevich, Basic algebraic geometry vol. 1, Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 3) J. Harris, Algebraic geometry (a first course), Graduate Texts in Math. No. 133. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 4) Note del corso di Lucia Caporaso

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Lezioni frontali e esercitazioni

### Modalità di valutazione

Si decideranno durante il corso eventuali prove in itinere.

### English

#### Prerequisites

GE110, GE210, GE220

#### Programme

Algebraic varieties in affine and projective spaces on an algebraically closed field. Rational maps and morphisms, Segre and Veronese varieties, products, projections. Local geometry of an algebraic variety. Normal varieties and normalization. Divisors, linear systems and morphisms of projective varieties.

#### Reference books

1) R. Hartshorne, Algebraic geometry, Graduate Texts in Math. No. 52. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 2) I. Shafarevich, Basic algebraic geometry vol. 1, Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 3) J. Harris, Algebraic geometry (a first course), Graduate Texts in Math. No. 133. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. 4) Notes of the course by Lucia Caporaso

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410444 - GE430 - GEOMETRIA RIEMANNIANA

**Docente:** SCHAFFLER LUCA

### Italiano

#### Prerequisiti

GE310 - Geometria differenziale delle curve e delle superfici, curvatura Gaussiana.

#### Programma

Tratteremo alcuni aspetti della relazione tra la geometria Riemanniana e la topologia delle varietà. In particolare, lo scopo del corso è dimostrare il teorema di Gauss-Bonnet e Hopf-Rinow per le superfici. Entrambi i risultati verranno dimostrati utilizzando le proprietà geometriche delle geodetiche. Queste sono curve che, almeno localmente, minimizzano la distanza su una varietà Riemanniana. Tempo permettendo, faremo un'introduzione alla geometria Riemanniana astratta in dimensione arbitraria.

#### Testi

Differential Geometry of Curves & Surfaces, by Manfredo Do Carmo. Second edition. Curve e Superfici, di Marco Abate e Francesca Tovena.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Lezioni frontali in classe.

#### Modalità di valutazione

Ci saranno due compiti a casa scritti. In più, ci sarà un esame orale, dove gli studenti daranno una presentazione su un argomento

accordato con il docente e chiederò la dimostrazione di un risultato dimostrato in classe. Il teorema verrà scelto da una lista che verrà fissata durante il corso.

## English

### Prerequisites

GE310 - Differential geometry of curves and surfaces, Gaussian curvatures.

### Programme

We will treat some aspects of the relation between Riemannian geometry and topology of manifolds. In particular, the aim of this course is to prove Gauss-Bonnet theorem for surfaces and Hopf-Rinow theorem which holds in any dimension. Both results will be proved using geometric properties of geodesics. These are the curves which, at least locally, minimize the distance on a Riemannian manifold. Time permitting, we will give an introduction to abstract Riemannian geometry in arbitrary dimension.

### Reference books

Differential Geometry of Curves & Surfaces, by Manfredo Do Carmo. Second edition. Curves and Surfaces, by Marco Abate and Francesca Tovena.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410462 - GE510 - GEOMETRIA ALGEBRICA 2

**Docente:** LOPEZ ANGELO

## Italiano

### Prerequisiti

GE410, Geometria Algebrica 1

### Programma

Teoria dei fasci e suo utilizzo in ambito schematico Prefasci e fasci, fascio associato a un prefascio, relazione tra iniettività e biettività sulle spighe e analoghe proprietà sulle sezioni. La categoria degli spazi anellati. Schemi. Esempi. Prodotti fibrati. Fasci algebrici su uno schema. Fasci quasi-coerenti e fasci coerenti. Coomologia dei fasci Algebra omologica nella categoria dei moduli su un anello. Fasci fiacchi. La coomologia dei fasci utilizzando la risoluzione canonica con fasci fiacchi. Coomologia dei fasci quasi-coerenti e coerenti su uno schema. Coomologia di Čech e coomologia ordinaria. Coomologia dei fasci quasi-coerenti su uno schema affine. La coomologia dei fasci  $O(n)$  sullo spazio proiettivo. Fasci coerenti sullo spazio proiettivo. Caratteristica di Eulero-Poincaré. Fasci invertibili e sistemi lineari Incollamento di fasci. Fasci invertibili e loro descrizione. Il gruppo di Picard. Morfismi in uno spazio proiettivo. Sistemi lineari.

### Testi

Note Prof. Lopez, Prof. Sernesi R. Hartshorne, Algebraic geometry, Graduate Texts in Math. No. 52. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. D. Eisenbud, J. Harris: The Geometry of Schemes, Springer Verlag (2000). U. Gortz, T. Wedhorn: Algebraic Geometry I, Vieweg + Teubner (2010).

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

lezioni frontali, esercizi da fare a casa e in classe. Il sito di riferimento è Moodle: <https://matematicafisica.el.uniroma3.it/course/index.php?categoryid=16> Il materiale didattico verrà caricato su Moodle. Le lezioni ed esercitazioni saranno sia in streaming che registrate e disponibili su Teams.

### Modalità di valutazione

La valutazione avverrà attraverso una prova seminariale, nella quale lo studente espone un argomento scelto in anticipo e immediatamente successivo agli argomenti del corso. Inoltre verrà richiesto un esercizio scritto sullo stesso argomento.

## English

### Prerequisites

GE410, Algebraic Geometry 1

### Programme

Sheaf theory and its use in on schemes Pre-sheaves and sheaves, sheaf associated to a pre-sheaf, relation between injectivity and bijectivity on the stalks and similar properties on the sections. The category of ringed spaces. Schemes. Examples. Fiber products. Algebraic sheaves on a scheme. Quasi-coherent sheaves and coherent sheaves. Cohomology of sheaves Homological algebra in the category of modules over a ring. Flasque sheaves. The cohomology of the sheaves using canonical resolution with flasque sheaves. Cohomology of quasi-coherent and coherent sheaves on a scheme. Čech cohomology and ordinary cohomology. Cohomology of quasi-coherent sheaves on an affine scheme. The cohomology of the sheaves  $O(n)$  on the projective space. Coherent sheaves on the projective space. Eulero-Poincaré characteristic. Invertible sheaves and linear systems Glueing of sheaves. Invertible sheaves and their

description. The Picard group. Morphisms in a projective space. Linear systems.

### Reference books

Notes from Prof. Lopez, Prof. Sernesi R. Hartshorne, Algebraic geometry, Graduate Texts in Math. No. 52. Springer-Verlag, New York-Heidelberg, 1977. D. Eisenbud, J. Harris: The Geometry of Schemes, Springer Verlag (2000). U. Gortz, T. Wedhorn: Algebraic Geometry I, Vieweg + Teubner (2010).

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410560 - IN400 - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON E MATLAB

( MODULO A - PROGRAMMAZIONE IN PYTHON )

**Docente:** GUARINO STEFANO

### Italiano

#### Prerequisiti

Nessuno

#### Programma

Il corso tratterà i seguenti aspetti della programmazione in Python: • Introduzione alla programmazione: architetture informatiche; memoria e dati; CPU e programmi; linguaggi di programmazione; problemi, algoritmi e programmi. • Come utilizzare l'interprete Python: richiamare l'interprete; passaggio di argomenti; modalità interattiva; i notebook; piattaforme di codifica online. • Concetti base della programmazione Python: variabili e assegnamenti; espressioni ed istruzioni; operazioni; stampa; commenti; debugging; tipi di dati; numeri e stringhe; input. • Funzioni: funzioni builtin; chiamate di funzione; importazione di moduli e funzioni; funzioni matematiche; composizione di funzioni; definire nuove funzioni; parametri e argomenti; argomenti obbligatori e facoltativi; ordine degli argomenti e assegnazione delle parole chiave; ambito di una variabile. • Prendere decisioni: espressioni booleane e operatori logici; esecuzione condizionale e alternativa; costruito if-elif-else; condizionali concatenati e annidati. • Iterazioni: riassegnazione e aggiornamento delle variabili; costruito while; istruzione break; sequenze e cicli; l'operatore in; costruito for. • Strutture dati (stringhe, liste, tuple, dizionari): definizione, proprietà, operazioni e metodi; indicizzazione vs assegnazione; mutabilità e immutabilità; map, filter e reduce; referenziazione e aliasing; impacchettamento spaccettamento; ricerca e ricerca inversa; argomenti di lunghezza variabile. • File: persistenza; apertura e chiusura e costruito with; lettura e scrittura; operatore format; nomi di file e percorsi; catturare le eccezioni; pickling. • Moduli e pacchetti: definizione di un modulo; definire un pacchetto; importazione di un pacchetto vs. importazione di un modulo vs. importazione di una funzione; installazione di pacchetti. • Classi e oggetti: classi, tipi, oggetti e istanze; istanze come valori di ritorno; attributi e metodi; mutabilità degli oggetti; l'istanziamento e il metodo `__init__`; overloading di un operatore e metodi speciali; metodi statici e metodi di classe; ereditarietà. • Pythonic programming: espressioni condizionali; EAFP (Easier to Ask for Forgiveness than Permission); list comprehension; generator expressions; operatori any e all; insiemi. • Programmazione scientifica: Numpy, array e broadcasting; Panda, dataframe e serie; Scikit Learn e introduzione al machine learning con Python; Matplotlib e visualizzazione dati in Python

#### Testi

Allen B. Downey, "Pensare in Python" (Edizione 2)", O'Reilly, ISBN-13: 978-8823822641

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Testi da definire

#### Modalità di valutazione

Ogni settimana, a partire dalla seconda, la lezione del lunedì sarà dedicata ad una sessione di esercizi da consegnare al termine della lezione e che saranno valutati per un massimo di 3.5 punti a sessione, pari a 21 punti totali. Al termine del corso, gli studenti dovranno sostenere un quiz a risposta multipla per un massimo di 10 punti. Una prova orale sarà infine prevista per gli studenti non frequentanti o per coloro che non avranno consegnato gli esercizi in tempo. L'orale sarà invece facoltativo per gli altri studenti.

### English

#### Prerequisites

None

#### Programme

The course will cover the following aspects of programming in Python: • An introduction to programming: computer architectures; memory and data; CPU and programs; programming languages; problems, algorithms and programs. • How to use the Python interpreter: invoking the interpreter; argument passing; interactive mode; notebooks; online coding platforms. • Basic concepts of Python programming: variables and assignments; expressions and statements; operations; printing; comments; debugging; data types; numbers and strings; input. • Functions: built-in functions; function calls; importing modules and functions; math functions; function composition; defining new functions; parameters and arguments; mandatory vs. optional arguments; arguments' order and keyword assignment; scope of a variable. • Taking decisions: boolean expressions and logical operators; conditional and alternative execution;

if-elif-else statements; chained vs. nested conditionals. • Iterations: reassignment and updating variables; the while statement; the break statement; sequences and looping; the in operator; the for loop. • Data structures (strings, lists, tuples, dictionaries): definition, properties, operations and methods; indexing vs. assignment; mutability and immutability; map, filter and reduce; referencing and aliasing; packing and unpacking; lookup and reverse lookup; variable-length arguments. • Files: persistence; opening and closing and the with construct; reading and writing; format operator; filenames and paths; catching exceptions; pickling. • Modules and packages: defining a module; defining a package; importing a package vs. importing a module vs. importing a function; installing packages. • Classes and objects: classes, types, objects and instances; instances as return values; attributes and methods; objects mutability; instantiation and the \_\_init\_\_ method; operator overloading and special methods; static methods and class methods; inheritance. • Pythonic programming: conditional expressions; EAFP (Easier to Ask for Forgiveness than Permission); list comprehension; generator expressions; any and all; sets. • Scientific programming: Numpy, arrays and broadcasting; Pandas, dataframes and series; Scikit-learn and basic machine learning with Python; Matplotlib and plotting in Python

### Reference books

Allen B. Downey, "Think Python: How to Think Like a Computer Scientist (2nd Edition)", O'Reilly, ISBN-13: 978-1491939369

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410626 - IN440 - OTTIMIZZAZIONE COMBINATORIA

**Docente:** BONIFACI VINCENZO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenza di un linguaggio di programmazione e di strutture dati elementari: liste, code, pile. [IN110 Algoritmi e strutture dati] La conoscenza del linguaggio di programmazione Python è fortemente consigliata. [IN400a Programmazione in Python]

#### Programma

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

#### Testi

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

#### Bibliografia di riferimento

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

#### Modalità erogazione

Lezioni frontali con esercitazioni frontali e di laboratorio (implementazione di algoritmi in Python). Per il diario delle lezioni si consulti il sito del docente: <http://ricerca.mat.uniroma3.it/users/vbonifaci/in440.html> Le lezioni saranno in presenza e verranno anche trasmesse e registrate.

#### Modalità di valutazione

La prova orale consiste in un colloquio approfondito alla lavagna su al più 4 distinti argomenti del programma dell'insegnamento.

### English

#### Prerequisites

Knowledge of a programming language and of elementary data structures: lists, queues, and stacks. [IN110 Algoritmi e strutture dati] Knowledge of the Python programming language is highly suggested. [IN400a Programmazione in Python]

#### Programme

1. Optimization and combinatorial optimization problems. Enumeration of solutions. 2. Basics of algorithm analysis. Computational tractability. Asymptotic order of growth. 3. Graphs. Graph connectivity and graph traversal. Graph bipartiteness. Connectivity in directed graphs. Directed acyclic graphs and topological ordering. 4. Greedy algorithms. Interval scheduling. Optimal caching. Shortest paths in a graph. Minimum spanning trees. 5. Divide and conquer. Mergesort. Counting inversions. Closest pair of points. 6. Dynamic programming. Weighted interval scheduling. Principles of dynamic programming. Subset sums and knapsacks. All-pairs shortest paths.

Shortest paths and distance vector protocols. 7. Network flow. Maximum flow and the Ford-Fulkerson algorithm. Maximum flows and minimum cuts in a network. Augmenting paths. Bipartite matching. Disjoint paths in directed and undirected graphs. 8. Computational intractability. Polynomial-time reductions. Reductions via "gadgets". Efficient certification and the definition of NP. NP-complete problems. Covering, packing, partitioning, sequencing, and numerical problems. Other examples.

### Reference books

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

### Reference bibliography

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

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410451 - LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1

( LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO A )

**Docente:** MAIELI ROBERTO

### Italiano

#### Prerequisiti

nessun requisito specifico

#### Programma

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

#### Testi

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014  
<https://sites.google.com/view/lm410/home>

#### Bibliografia di riferimento

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014  
<https://sites.google.com/view/lm410/home>

#### Modalità erogazione

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

#### Modalità di valutazione

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

### English

#### Prerequisites

No specific prerequisite

#### Programme

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

complexity of the cut-elimination procedure (sketch). Some immediate consequences of the cut-elimination theorem.

### Reference books

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014  
<https://sites.google.com/view/lm410/home>

### Reference bibliography

V. Michele Abrusci e Lorenzo Tortora de Falco, Logica. Vol. 1 Dimostrazioni e modelli al primo ordine, Springer, 2014  
<https://sites.google.com/view/lm410/home>

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410451 - LM410 - TEOREMI SULLA LOGICA 1

( LM410 -TEOREMI SULLA LOGICA 1 - MODULO B )

**Docente:** TORTORA DE FALCO LORENZO

### Italiano

#### Prerequisiti

Il modulo A del corso.

#### Programma

Dimostrazione del teorema di compattezza per linguaggi di cardinalità qualsiasi. Linguaggi con uguaglianza. Il teorema di compattezza per i linguaggi con uguaglianza. Correttezza e completezza per i linguaggi con uguaglianza. Il teorema di Löwenheim-Skolem per i linguaggi con uguaglianza (numerabili). Limiti espressivi del linguaggio del primo ordine. Equivalenza elementare, sottostrutture, sottostrutture elementari. Isomorfismo ed equivalenza elementare. La nozione di sottostruttura. Sottostrutture elementari e diagrammi. I teoremi di preservazione. Generalizzazioni del teorema di Löwenheim-Skolem. Completezza di una teoria.

#### Testi

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

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Il corso prevede Didattica frontale; Discussioni con gli studenti e dibattiti sugli argomenti trattati; Esercitazioni; La frequenza non è obbligatoria ma è vivamente raccomandata.

#### Modalità di valutazione

Esame scritto e/o orale, di durata variabile, in media tra 30 e 45 minuti.

### English

#### Prerequisites

Modulo A of the course.

#### Programme

Proof of the compactness theorem for languages of any cardinality. Languages with equality. The compactness theorem for languages with equality. Correctness and completeness for languages with equality. Löwenheim-Skolem's theorem for (denumerable) languages with equality. The limits of the expressive power of first order languages. Elementary equivalence, substructures, elementary substructures. Isomorphisms and elementary equivalence. The notion of substructure. Elementary substructures and diagrams. The preservation theorems. Generalisations of the Löwenheim-Skolem's theorem. Completeness of a theory.

#### Reference books

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

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410613 - LM430 - LOGICA E FONDAMENTI DELLA MATEMATICA

**Docente:** TORTORA DE FALCO LORENZO

### Italiano

### Prerequisiti

Nessuno in particolare. È opportuna una conoscenza preliminare dei concetti elementari di matematica insegnati al primo anno di università.

### Programma

Introduzione alla teoria degli insiemi: aggregati ed insiemi, necessità di una teoria, ordinali e cardinali, antinomie e paradossi, principali caratteristiche della teoria assiomatica. La teoria assiomatica di Zermelo (Z) e quella di Zermelo-Fraenkel (ZF): preliminari e convenzioni, la teoria di Zermelo, l'assioma di rimpiazzamento e la teoria di Zermelo-Fraenkel, estensioni del linguaggio per definizione. Gli ordinali: ordini, buoni ordini e buona fondatezza, buona fondatezza e principio di induzione, i numeri ordinali, buoni ordini ed ordinali, l'induzione ordinale (dimostrazioni e definizioni), argomento diagonale ed ordinali limite, assioma dell'infinito ed aritmetica ordinale, cenni sull'uso degli ordinali in teoria della dimostrazione. Assioma di scelta: formulazioni equivalenti (e dimostrazione dell'equivalenza), insiemi infiniti e assioma di scelta. I cardinali: equipotenza ed insiemi infiniti, i numeri cardinali, aritmetica cardinale.

### Testi

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

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Il corso prevede Didattica frontale; Discussioni con gli studenti e dibattiti sugli argomenti trattati; La frequenza non è obbligatoria ma è vivamente raccomandata.

### Modalità di valutazione

Esame scritto e/o orale, di durata variabile, in media tra 45 e 60 minuti.

### English

#### Prerequisites

No specific prerequisite. Some knowledge of the elementary mathematical concepts taught in the first university courses will help.

#### Programme

Introduction to set theory: aggregates and sets, necessity of a theory, ordinals and cardinals, antinomies and paradoxes, main characteristics of axiomatic set theory. Zermelo's axiomatic set theory and Zermelo-Fraenkel's axiomatic set theory: preliminaries and conventions, Zermelo's axioms, the replacement axiom and Zermelo-Fraenkel's theory, extensions of the language by definition. Ordinals: orders, well-orders and well-foundedness, well-foundedness and induction principle, the ordinal numbers, well-orders and ordinals, ordinal induction (proofs and definitions), diagonal argument and limit ordinals, infinity axiom and ordinal arithmetic, hints on the use of ordinals in proof-theory. Axiom of choice: equivalent formulations (and proof of the equivalence), infinite sets and axiom of choice. Cardinals: equipotent sets and infinite sets, the cardinal numbers, cardinal arithmetic.

#### Reference books

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

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410621 - MC410 - DIDATTICA DELLA MATEMATICA

**Docente:** BRUNO ANDREA

### Italiano

#### Prerequisiti

Nessuno

#### Programma

La matematica nella scuola secondaria: programmi, nodi concettuali e nodi critici; la matematica dei matematici e la matematica per il cittadino. Dall'esercizio al problem solving. Teorie didattiche e didatti. Guido e Emma Castelnuovo. Croce, Gentile e la matematica. Metodologie didattiche. Legislazione scolastica

#### Testi

Battaglini Frank, Di Martino, Natalini, Rosolini "Didattica della matematica", Mondadori Università

#### Bibliografia di riferimento

Emma Castelnuovo "La Matematica, numeri e figure" UTET

#### Modalità erogazione

48 ore di lezioni frontali e 12 ore di laboratorio, con partecipazione attiva alla discussione

## Modalità di valutazione

La valutazione si basa principalmente sull'esposizione di un progetto di attività scolastica e sulla partecipazione attiva

## English

### Prerequisites

Nothing

### Programme

The high school mathematics: programs, key and critical points; the mathematicians' mathematics and the mathematics for the citizen. From exercise to problem solving. Didactic theories and theorists. Guido and Emma Castelnuovo. Croce, Gentile and mathematics. Didactic methodologies. Scholastic laws.

### Reference books

Battaglini Frank, Di Martino, Natalini, Rosolini "Didattica della matematica", Mondadori Università

### Reference bibliography

Emma Castelnuovo "La Matematica, numeri e figure" UTET

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410456 - MC420-DIDATTICA DELLA MATEMATICA

**Docente:** MAGRONE PAOLA

## Italiano

### Prerequisiti

Nessuno

### Programma

Il corso si propone di introdurre gli studenti all'insegnamento della matematica nella scuola secondaria di primo e secondo grado, attraverso un approccio storico-epistemologico ai concetti di base della matematica elementare (aritmetica, geometria, algebra, probabilità, funzioni). In particolare verranno trattati gli argomenti: l'insegnamento della matematica e la sua evoluzione; sistemi numerici; gli assiomi e i postulati di Euclide; le geometrie non euclidee e localmente euclidee; le costruzioni geometriche con riga e compasso e le macchine matematiche; elementi di storia del calcolo infinitesimale. Cenni alle indicazioni nazionali.

### Testi

GIORGIO ISRAEL, ANA MILLÁN GASCA, Pensare in matematica, Zanichelli, 2012. ANA MILLÁN GASCA, All'inizio fu lo scriba, Mimesis, 2004 ENRICO GIUSTI, Analisi matematica 1, Bollati Boringhieri, 2002

### Bibliografia di riferimento

GIORGIO ISRAEL, ANA MILLÁN GASCA, Pensare in matematica, Zanichelli, 2012. ANA MILLÁN GASCA, All'inizio fu lo scriba, Mimesis, 2004 ENRICO GIUSTI, Analisi matematica 1, Bollati Boringhieri, 2002 PAOLA MAGRONE, ANA MILLÁN GASCA, I bambini e il pensiero scientifico, Carocci, 2018 FEDERIGO ENRIQUES 1921, "Insegnamento dinamico", Periodico di Matematiche, s. IV, 1, pp. 6-16. GEORGE POLYA, How to solve it, Princeton University Press, 1945, 2a edizione 1957 IVOR GRATTAN GUINNES, Companion encyclopedia of the history and philosophy of the mathematical sciences, Routledge, 1994

### Modalità erogazione

Il corso prevede il 75% di lezioni frontali. Il restante 25% è dedicato ad esercitazioni in aula: gli studenti preparano una lezione su un argomento concordato con il docente e la svolgono in aula. Durante le settimane di lezione vengono assegnate delle consegne da svolgere singolarmente o in gruppo, che verranno corrette e discusse in aula.

### Modalità di valutazione

La valutazione si basa sulle prove scritte assegnate durante il corso, una prova scritta e una prova orale, a distanza di una settimana.

## English

### Prerequisites

None

### Programme

The course aims to introduce students to the teaching of mathematics in first and second grade secondary schools, through a historical-epistemological approach to the basic concepts of elementary mathematics (arithmetic, geometry, algebra, probability, functions). In particular: the teaching of mathematics and its evolution; numerical systems; Euclid's axioms and postulates; non-Euclidean and locally Euclidean geometries; geometric constructions with ruler and compass and mathematical machines; elements of history of infinitesimal calculus. Outline of national guidelines.

### Reference books

GIORGIO ISRAEL, ANA MILLÁN GASCA, Pensare in matematica, Zanichelli, 2012. ANA MILLÁN GASCA, All'inizio fu lo scriba, Mimesis, 2004 ENRICO GIUSTI, Analisi matematica 1, Bollati Boringhieri, 2002

### Reference bibliography

GIORGIO ISRAEL, ANA MILLÁN GASCA, Pensare in matematica, Zanichelli, 2012. ANA MILLÁN GASCA, All'inizio fu lo scriba, Mimesis, 2004 ENRICO GIUSTI, Analisi matematica 1, Bollati Boringhieri, 2002 PAOLA MAGRONE, ANA MILLÁN GASCA, I bambini e il pensiero scientifico, Carocci, 2018 FEDERIGO ENRIQUES 1921, "Insegnamento dinamico", Periodico di Matematiche, s. IV, 1, pp. 6-16. GEORGE POLYA, How to solve it, Princeton University Press, 1945, 2a edizione 1957 IVOR GRATTAN GUINNES, Companion encyclopedia of the history and philosophy of the mathematical sciences, Routledge, 1994

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410459 - MC430 - LABORATORIO DI DIDATTICA DELLA MATEMATICA

**Docente:** FALCOLINI CORRADO

### Italiano

#### Prerequisiti

Non ci sono prerequisiti.

#### Programma

Uso di programmi didattici nell'insegnamento della matematica: i software GeoGebra e Mathematica. Comandi per il calcolo simbolico e numerico, la visualizzazione di grafici, curve e superfici e la loro animazione al variare di parametri. Esempi di problemi: proprietà dei triangoli nella geometria euclidea ed esempi di geometrie non euclidee, approssimazione di  $\pi$  greco e di altri numeri irrazionali, soluzioni di equazioni e disequazioni, soluzioni di sistemi, determinazione e visualizzazione di particolari luoghi geometrici, derivata di una funzione, calcolo approssimato di aree.

#### Testi

Dispense del docente su un elenco di problemi da visualizzare e risolvere (simulando un laboratorio scolastico) con l'aiuto del software Mathematica o GeoGebra.

#### Bibliografia di riferimento

C. Falcolini, Teaching mathematics using computers: Algorithms for problem solving and the role of visualization. AIP Conference Proceedings 2096, 020026 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5097823> C. Falcolini, Solving Challenging Problems using GeoGebra...at a Distance. pp.30-44. In YUNGHAP GYOYUK YEON-GU - ISSN:2466-0280 vol. 7 (2) (2021) M. Abate, F. Tovena, Curve e Superfici, Springer (2006)

#### Modalità erogazione

Le lezioni, anche in stile laboratoriale, saranno svolte in presenza nel laboratorio informatico del Dipartimento con eventuale collegamento a distanza su piattaforma TEAMS.

#### Modalità di valutazione

La prova orale sarà incentrata sulla presentazione di una tesina riguardante una proposta didattica sull'uso del computer per argomenti dei programmi scolastici o di approfondimento.

### English

#### Prerequisites

No prerequisites.

#### Programme

Teaching mathematics with the help of a computer: GeoGebra and Mathematica softwares. Commands for numerical and symbolic calculus, graphics visualization, parametric surfaces and curves with animations in changing parameters. Solving problems: triangle's properties in Euclidean and non-Euclidean geometry with examples, approximation of  $\pi$  and other irrational numbers, solutions of equations and inequalities, systems of equations, defining and visualizing geometrical loci, function integral and derivatives, approximation of surface area.

#### Reference books

List of problems given in class concerning visualization and solutions with the help of software Mathematica or GeoGebra.

#### Reference bibliography

C. Falcolini, Teaching mathematics using computers: Algorithms for problem solving and the role of visualization. AIP Conference Proceedings 2096, 020026 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5097823> C. Falcolini, Solving Challenging Problems using GeoGebra...at a Distance. pp.30-44. In YUNGHAP GYOYUK YEON-GU - ISSN:2466-0280 vol. 7 (2) (2021) M. Abate, F. Tovena, Curve e Superfici, Springer (2006)

#### Study modes

-

#### Exam modes

## 20410617 - ME410 - ELEMENTI DI ALGEBRA SUPERIORE

**Docente:** BARROERO FABRIZIO

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenze base di matematica fornite nella scuola secondaria di secondo grado

#### Programma

Relazioni e funzioni I numeri naturali L'anello degli interi e i polinomi Le classi di resto Gruppi

#### Testi

G.M. Piacentini Cattaneo, Algebra, un approccio algoritmico, Decibel-Zanichelli, (1996) I. N. Herstein, Algebra, Editori Riuniti, (2003)

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Didattica frontale in aula su lavagna ed esercitazione in classe. Gli studenti sono invitati a iscriversi al corso su Moodle e Teams. Le comunicazioni avverranno attraverso questi canali.

#### Modalità di valutazione

L'esame consisterà in una prova scritta ed una orale al termine del corso. Durante il corso sono previste due prove in itinere che saranno valutate come prova scritta dell'esame.

### English

#### Prerequisites

Basic knowledge of mathematics covered in secondary school.

#### Programme

Relations and functions The natural numbers The ring of integers and polynomials Residue classes Groups

#### Reference books

G.M. Piacentini Cattaneo, Algebra, un approccio algoritmico, Decibel-Zanichelli, (1996) I. N. Herstein, Algebra, Editori Riuniti, (2003)

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410617 - ME410 - ELEMENTI DI ALGEBRA SUPERIORE

**Docente:** CAPUANO LAURA

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenze base di matematica fornite nella scuola secondaria di secondo grado.

#### Programma

Relazioni e funzioni I numeri naturali L'anello degli interi e i polinomi Le classi di resto Gruppi

#### Testi

G.M. Piacentini Cattaneo, Algebra, un approccio algoritmico, Decibel-Zanichelli, (1996) I. N. Herstein, Algebra, Editori Riuniti, (2003)

#### Bibliografia di riferimento

G.M. Piacentini Cattaneo, Algebra, un approccio algoritmico, Decibel-Zanichelli, (1996) I. N. Herstein, Algebra, Editori Riuniti, (2003)

#### Modalità erogazione

Didattica frontale in aula su lavagna ed esercitazione in classe. Gli studenti sono invitati a iscriversi al corso su Moodle e Teams. Le comunicazioni avverranno attraverso questi canali.

#### Modalità di valutazione

L'esame consisterà in una prova scritta ed una orale al termine del corso. Durante il corso sono previste due prove in itinere che saranno valutate come prova scritta dell'esame.

### English

### Prerequisites

Basic knowledge of mathematics covered in secondary school.

### Programme

Relations and functions The natural numbers The ring of integers and polynomials Residue classes Groups

### Reference books

G.M. Piacentini Cattaneo, Algebra, un approccio algoritmico, Decibel-Zanichelli, (1996) I. N. Herstein, Algebra, Editori Riuniti, (2003)

### Reference bibliography

G.M. Piacentini Cattaneo, Algebra, un approccio algoritmico, Decibel-Zanichelli, (1996) I. N. Herstein, Algebra, Editori Riuniti, (2003)

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410618 - ME420 - FONDAMENTI E STORIA DELLA GEOMETRIA

**Docente:** SUPINO PAOLA

### Italiano

#### Prerequisiti

Geometria e algebra di base.

#### Programma

1 Geometria Euclidea 2 Assiomi di Hilbert 3 Geometria su campi 4 Costruibilità e estensioni di campi 5 Geometria non euclidea

#### Testi

Robin Hartshorne. Geometry: Euclid and beyond. Springer-Verlag, New York-Heidelberg.

#### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

#### Modalità erogazione

Lezioni in classe fruibili in remoto

#### Modalità di valutazione

Esami orali e seminari.

### English

#### Prerequisites

Basic algebra and geometry

#### Programme

1 Euclid's Geometry. 2 Hilbert's Axioms 3. Geometry over Fields 4 Construction Problems and Field Extensions 5 Non Euclidean geometry

#### Reference books

Robin Hartshorne. Geometry: Euclid and beyond. Springer-Verlag, New York-Heidelberg.

#### Reference bibliography

-

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410618 - ME420 - FONDAMENTI E STORIA DELLA GEOMETRIA

**Docente:** CAPORASO LUCIA

### Italiano

#### Prerequisiti

Geometria e algebra di base.

#### Programma

1 Geometria Euclidea 2 Assiomi di Hilbert 3 Geometria su campi 4 Costruibilità e estensioni di campi 5 Geometria non euclidea

### Testi

Robin Hartshorne. Geometry: Euclid and beyond. Springer-Verlag, New York-Heidelberg.

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

Lezioni in classe fruibili in remoto

### Modalità di valutazione

Esami orali e seminari.

### English

### Prerequisites

Basic algebra and geometry

### Programme

1 Euclid's Geometry. 2 Hilbert's Axioms 3. Geometry over Fields 4 Construction Problems and Field Extensions 5 Non Euclidean geometry

### Reference books

Robin Hartshorne. Geometry: Euclid and beyond. Springer-Verlag, New York-Heidelberg.

### Reference bibliography

-

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410619 - ME430 - FONDAMENTI E STORIA DELL'ANALISI MATEMATICA

**Docente:** BIASCO LUCA

### Italiano

### Prerequisiti

Corsi di base di analisi

### Programma

I seguenti argomenti fondamentali verranno rivisitati e approfonditi e introdotti da un punto di vista storico: 1.  $\mathbb{R}$  e i suoi sottoinsiemi fondamentali 2. Concetto di limite e limiti notevoli 3. Serie 4. Funzioni continue 5. Derivabilità e monotonia 6. Derivata seconda e convessità 7. Funzioni analitiche elementari (funzioni esponenziali, trigonometriche e loro inverse) 8. Integrali ed aree 9. Il Teorema fondamentale del calcolo integrale 10. I numeri complessi Altri obiettivi del corso Analisi di momenti valutativi scolastici fondamentali quali i test/problemi/questionari dell'Esame di Stato e i test Invalsi. Discussione delle linee guida ministeriali.

### Testi

E. Giusti, Analisi Matematica 1 E. Giusti Piccola storia del calcolo infinitesimale dall'antichità al Novecento

### Bibliografia di riferimento

Testi da definire

### Modalità erogazione

5 ore di didattica frontale a settimana. svolgimento di lezione a distanza in diretta e registrazione della lezione stessa.

### Modalità di valutazione

prova scritta con esercizi e successiva prova orale

### English

### Prerequisites

Basic calculus

### Programme

The following key topics will be revisited in depth and introduced from a historical point of view: 1.  $\mathbb{R}$  and its fundamental subsets 2. Concept of limit and notable limits 3. Series 4. Continuous functions 5. Derivability and monotonicity 6. Second derivative and convexity 7. Elementary analytic functions (exponential, trigonometric functions and their inverses) 8. Integrals and areas 9. The Fundamental Theorem of Calculus 10. Complex numbers Other course objectives Analysis of fundamental school evaluation moments such as the tests/problems/questionnaires of the State Exam and the Invalsi tests. Discussion of ministerial guidelines.

## Reference books

E. Giusti, Analisi Matematica 1 E. Giusti Piccola storia del calcolo infinitesimale dall'antichità al Novecento

## Reference bibliography

-

## Study modes

-

## Exam modes

-

## 20410620 - ME440 - PROBABILITÀ, STATISTICA E MODELLI

**Docente:** CANDELLERO ELISABETTA

### Italiano

#### Prerequisiti

Corsi base di analisi.

#### Programma

1) Concetti di probabilità di base: combinatoria, assiomi della probabilità, probabilità condizionata e indipendenza, variabili aleatorie discrete e continue con le principali distribuzioni, teoremi limite, esempi. 2) Elementi di statistica: campionamento casuale, definizione di modello statistico e di statistica, statistiche sufficienti, minimali e complete, metodo dei momenti, stimatore di massima verosimiglianza, intervallo di confidenza, verifica di ipotesi, esempi. 3) Analisi di modelli.

#### Testi

- Calcolo delle probabilità (Sheldon Ross) - Esercizi facoltativi caricati sul Team del corso - dispense reperibili dal Team del corso

#### Bibliografia di riferimento

- Calcolo delle probabilità (Sheldon Ross) - Esercizi facoltativi caricati sul Team del corso - dispense reperibili dal Team del corso

#### Modalità erogazione

Preferibilmente in presenza

#### Modalità di valutazione

La prova scritta verterà su esercizi (durata prevista: 2 ore), mentre l'orale su un argomento a scelta e domande di teoria relative a quanto visto in classe.

### English

#### Prerequisites

Basic analysis/calculus courses

#### Programme

1) Elements of basic probability: combinatorics, axioms of probability, conditional probability and independence, random variables (discrete and continuous) with main distributions, limit theorems, examples. 2) Elements of Statistics: random sampling, definition of statistical model and statistics, sufficient/minimal/complete statistics, moment method, maximal likelihood estimators, confidence interval, hypothesis testing, examples. 3) Analysis of specific models.

#### Reference books

- Calcolo delle probabilità (Sheldon Ross) - Recommended exercises on the Team of the course - Other written material can be found on the Team of the course

#### Reference bibliography

- Calcolo delle probabilità (Sheldon Ross) - Recommended exercises on the Team of the course - Other written material can be found on the Team of the course

#### Study modes

-

#### Exam modes

-

## 20410620 - ME440 - PROBABILITÀ, STATISTICA E MODELLI

**Docente:** SCOPPOLA ELISABETTA

### Italiano

#### Prerequisiti

Conoscenze di base di analisi

## Programma

Parte II Modelli matematici. Equazioni alle differenze. Punti di equilibrio, stabilità. Mappa logistica e biforcazioni. Cicli. Esempi. Modelli di meccanica statistica: modello di Ising, percolazione e random cluster model. Modello di Curie-Weiss e metastabilità. Markov Chain Monte Carlo.

## Testi

S.Elaydi: An introduction to difference equations - Springer S.Freidli and Y.Velenik : Statistical Mechanics of Lattice Systems - A concrete mathematical introduction. O.H'aggström: Finite Markov Chain and Algorithmic Applications, London Mathematical Society-Student Texts 52

## Bibliografia di riferimento

Dropbox del corso in rete

## Modalità erogazione

Lezioni in presenza (con possibilità di seguire su Teams)

## Modalità di valutazione

Esame scritto e orale. La prova scritta consiste in esercizi simili a quelli svolti durante le lezioni. Nella prova orale lo studente può presentare l'approfondimento di un tema a scelta tra quelli affrontati nel corso.

## English

### Prerequisites

Basic notions of analysis

### Programme

Part II Mathematical models. Difference equations. Equilibria, stability. Logistic map, bifurcations. Cycles. Examples. Statistical Mechanics models: Ising model, percolation and random cluster model. Curie-Weiss model and metastability. Markov Chain Monte Carlo.

### Reference books

S.Elaydi: An introduction to difference equations - Springer S.Freidli and Y.Velenik : Statistical Mechanics of Lattice Systems - A concrete mathematical introduction. O.H'aggström: Finite Markov Chain and Algorithmic Applications, London Mathematical Society-Student Texts 52

### Reference bibliography

Dropbox on line

### Study modes

-

### Exam modes

-

## 20410627 - TN410 - INTRODUZIONE ALLA TEORIA DEI NUMERI

**Docente:** PAPPALARDI FRANCESCO

## Italiano

### Prerequisiti

AL110. E' utile familiarità con il linguaggio matematico con speciale riguardo all'algebra di base

### Programma

Divisione, fattorizzazione, alcune proprietà elementari dei numeri primi, alcuni risultati e problemi riguardanti i primi. Funzioni aritmetiche: La funzione numero di divisori. La funzione di Moebius. La funzione di Eulero. La convoluzione Dirichlet. Congruenze: Sistemi Completi di residui, alcuni Congruenze interessanti, alcune congruenze lineari, congruenze polinomiali, radici primitive, il teorema di Gauss. RESIDUI Quadratici: i simboli di Legendre. Reciprocità quadratica. I simboli di Jacobi. La distribuzione dei residui quadratici. Somme di quadrati di interi: somme di due quadrati. Numero di rappresentazioni. Somme di quattro quadrati. Somme di tre quadrati. TEORIA ELEMENTARE DEI NUMERI PRIMI: il teorema di Euclide rivisitato. La funzione Von Mangoldt. Teorema di Tchebycheff. Alcuni risultati di Mertens

### Testi

Chen, W; ELEMENTARY NUMBER THEORY. <https://rutherglen.science.mq.edu.au/wchen/Inentfolder/Inent.html> Chowdhury, F.; Chowdhury, M. R. Essentials of Number Theory. Pi Publications, Dhaka, Bangladesh, 2005. ISBN 984-32-2836-7 Hardy, G. H.; Wright, E. M. An introduction to the theory of numbers. Fifth edition. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 1979. xvi+426 pp. ISBN: 0-19-853170-2; 0-19-853171-0 Davenport, H. Aritmetica superiore. Un'introduzione alla teoria dei numeri. Editore: Zanichelli, 1994. 199 pp. ISBN: 8808091546

### Bibliografia di riferimento

Gioia, A. A. The theory of numbers. An introduction. Reprint of the 1970 original. Dover Publications, Inc., Mineola, NY, 2001. xii+207 pp. ISBN: 0-486-41449-3 Rosen, K. H. Elementary number theory and its applications. Fourth edition. Addison-Wesley, Reading, MA, 2000. xviii+638 pp. ISBN: 0-201-87073-8 Tattersall, J. J. Elementary number theory in nine chapters. Cambridge University Press, Cambridge, 1999. viii+407 pp. ISBN: 0-521-58531-7

### Modalità erogazione

60 ore in presenza

### Modalità di valutazione

scritto di due ore con esercizi pratici e teorici

### English

### Prerequisites

AL110. It is auspicable to be able to use mathematical notions especially that of basic algebra

### Programme

Division, Factorization, Some Elementary Properties of Primes, Some Results and Problems Concerning Primes. ARITHMETIC FUNCTIONS: The Divisor Function. The Moebius Function. The Euler Function. Dirichlet Convolution CONGRUENCES: Sets of Residues, Some Interesting Congruences, Some Linear Congruences, Some Polynomial Congruences, Primitive Roots, the Theorem of Gauss. QUADRATIC RESIDUES: The Legendre Symbol. Quadratic Reciprocity. The Jacobi Symbol. The Distribution of Quadratic Residues. SUMS OF INTEGER SQUARES: Sums of Two Squares. Number of Representations. Sums of Four Squares. Sums of Three Squares. ELEMENTARY PRIME NUMBER THEORY: Euclid's Theorem Revisited. The Von Mangoldt Function. Tchebycheff's Theorem. Some Results of Mertens

### Reference books

Chen, W; ELEMENTARY NUMBER THEORY. <https://rutherglen.science.mq.edu.au/wchen/lnentfolder/lnent.html> Chowdhury, F.; Chowdhury, M. R. Essentials of Number Theory. Pi Publications, Dhaka, Bangladesh, 2005. ISBN 984-32-2836-7 Hardy, G. H.; Wright, E. M. An introduction to the theory of numbers. Fifth edition. The Clarendon Press, Oxford University Press, New York, 1979. xvi+426 pp. ISBN: 0-19-853170-2; 0-19-853171-0 Davenport, H. Aritmetica superiore. Un'introduzione alla teoria dei numeri. Editore: Zanichelli, 1994. 199 pp. ISBN: 8808091546

### Reference bibliography

Gioia, A. A. The theory of numbers. An introduction. Reprint of the 1970 original. Dover Publications, Inc., Mineola, NY, 2001. xii+207 pp. ISBN: 0-486-41449-3 Rosen, K. H. Elementary number theory and its applications. Fourth edition. Addison-Wesley, Reading, MA, 2000. xviii+638 pp. ISBN: 0-201-87073-8 Tattersall, J. J. Elementary number theory in nine chapters. Cambridge University Press, Cambridge, 1999. viii+407 pp. ISBN: 0-521-58531-7

### Study modes

-

### Exam modes

-