

DIDATTICA EROGATA 2024/2025

Fisica (LM-17)

Dipartimento: MATEMATICA E FISICA

Codice CdS: 104655

INSEGNAMENTI

Primo anno

Primo semestre

20402210 - FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA (- FIS/03 - 8 CFU - 80 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GALLO PAOLA	60	Carico didattico	N0
LUPI LAURA	20	Affidamento a titolo gratuito	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 LUPI LAURA	20	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 LUPI LAURA	20	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 LUPI LAURA	20	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 LUPI LAURA	20	
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 GALLO PAOLA	60	N0
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 LUPI LAURA	20	N0
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 GALLO PAOLA	60	N0
Mutuato da: 20402210 FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA in Fisica LM-17 N0 LUPI LAURA	20	N0

20410581 - FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI (- FIS/01 - 8 CFU - 80 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DI MICCO BIAGIO	64	Carico didattico	
ORESTANO DOMIZIA	16	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 DI MICCO BIAGIO	64	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 ORESTANO DOMIZIA	16	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 DI MICCO BIAGIO	64	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 ORESTANO DOMIZIA	16	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 DI MICCO BIAGIO	64	

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 ORESTANO DOMIZIA	16	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 DI MICCO BIAGIO	64	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 ORESTANO DOMIZIA	16	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 DI MICCO BIAGIO	64	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 ORESTANO DOMIZIA	16	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 DI MICCO BIAGIO	64	
Mutuato da: 20410581 FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI in Fisica LM-17 ORESTANO DOMIZIA	16	

20401904 - FISICA TEORICA I (- FIS/02 - 8 CFU - 68 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DEGRASSI GIUSEPPE	68	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20401904 FISICA TEORICA I in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	68	
Mutuato da: 20401904 FISICA TEORICA I in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	68	
Mutuato da: 20401904 FISICA TEORICA I in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	68	
Mutuato da: 20401904 FISICA TEORICA I in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	68	
Mutuato da: 20401904 FISICA TEORICA I in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	68	N0
Mutuato da: 20401904 FISICA TEORICA I in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	68	N0

Secondo semestre

20401878 - ASTROFISICA EXTRAGALATTICA (- FIS/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LA FRANCA FABIO	50	Carico didattico	N0
RICCI FEDERICA	10	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20401878 ASTROFISICA EXTRAGALATTICA in Fisica LM-17 N0 LA FRANCA FABIO	50	
Mutuato da: 20401878 ASTROFISICA EXTRAGALATTICA in Fisica LM-17 N0 RICCI FEDERICA	10	

20410041 - ASTROFISICA GENERALE (- FIS/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BIANCHI STEFANO	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410041 ASTROFISICA GENERALE in Fisica LM-17 BIANCHI STEFANO	60	

20402214 - ASTROFISICA STELLARE (- FIS/05 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
VENTURA PAOLO	48	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402214 ASTROFISICA STELLARE in Fisica LM-17 N0 VENTURA PAOLO	48	

20402211 - COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA (- FIS/02 - 6 CFU - 52 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FRANCESCHINI ROBERTO	52	Affidamento a titolo gratuito	N0
FRANCESCHINI ROBERTO	34	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402211 COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA in Fisica LM-17 N0 FRANCESCHINI ROBERTO	52	
Mutuato da: 20402211 COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA in Fisica LM-17 N0 FRANCESCHINI ROBERTO	52	
Mutuato da: 20402211 COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA in Fisica LM-17 N0 FRANCESCHINI ROBERTO	52	
Mutuato da: 20402211 COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA in Fisica LM-17 N0 FRANCESCHINI ROBERTO	52	N0
Mutuato da: 20402211 COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA in Fisica LM-17 N0 FRANCESCHINI ROBERTO	52	N0
Mutuato da: 20402211 COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA in Fisica LM-17 N0 FRANCESCHINI ROBERTO	52	N0

20410502 - DIDATTICA DELLA FISICA (- FIS/08 - 8 CFU - 64 ore - ITA)

Curricula: Didattica e Comunicazione scientifica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
Da assegnare	48	Bando	

20410590 - DIDATTICA DELLA FISICA (- FIS/08 - 6 CFU - 64 ore - ITA)

Curricula: Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Mutuazioni:

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

20410503 - DIDATTICA DELLA MATEMATICA (- MAT/04 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410456 MC420-DIDATTICA DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 MAGRONE PAOLA	60	
Fruito da: 20410456 MC420-DIDATTICA DELLA MATEMATICA in Matematica LM-40 MAGRONE PAOLA	60	

20410710 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture (- FIS/03 - 9 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DE SETA MONICA	48	Carico didattico	
DI GASPARE LUCIANA	24	Carico didattico	

20410711 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture - MOD A (- FIS/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410710 Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture in Fisica LM-17 DE SETA MONICA	48	
Fruito da: 20410710 Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture in Fisica LM-17 DI GASPARE LUCIANA	48	
Fruito da: 20410710 Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture in Fisica LM-17 DE SETA MONICA	48	
Fruito da: 20410710 Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture in Fisica LM-17 DI GASPARE LUCIANA	48	

20410879 - Fisica dell'Atmosfera e Meteorologia (- FIS/06 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PETTITA MARCELLO	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410879 Fisica dell'Atmosfera e Meteorologia in Fisica LM-17 Petitta Marcello	60	

20410086 - ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA (- FIS/05 - 6 CFU - 50 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MENCI NICOLA	30	Carico didattico	
FRANCIA DARIO	20	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 MENCI Nicola	30	
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 FRANCIA DARIO	20	
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 MENCI Nicola	30	
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 FRANCIA DARIO	20	
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 MENCI Nicola	30	
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 FRANCIA DARIO	20	
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 MENCI Nicola	30	
Mutuato da: 20410086 ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA in Fisica LM-17 FRANCIA DARIO	20	

20410879 - Fisica dell'Atmosfera e Meteorologia (- FIS/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PETTITA MARCELLO	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410879 Fisica dell'Atmosfera e Meteorologia in Fisica LM-17 Petitta Marcello	60	

20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI - MOD. B (- FIS/04 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SALAMANNA GIUSEPPE	32	Carico didattico	
PETRUCCI FABRIZIO	16	Carico didattico	

20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI MOD. A (- FIS/04 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SALAMANNA GIUSEPPE	32	Carico didattico	
PETRUCCI FABRIZIO	16	Carico didattico	

20402218 - FISICA TEORICA II (- FIS/02 - 6 CFU - 52 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DEGRASSI GIUSEPPE	34	Carico didattico	N0
MELONI DAVIDE	18	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402218 FISICA TEORICA II in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	34	
Mutuato da: 20402218 FISICA TEORICA II in Fisica LM-17 N0 MELONI DAVIDE	18	
Mutuato da: 20402218 FISICA TEORICA II in Fisica LM-17 N0 DEGRASSI GIUSEPPE	34	
Mutuato da: 20402218 FISICA TEORICA II in Fisica LM-17 N0 MELONI DAVIDE	18	

20410042 - FISICA TERRESTRE (- FIS/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PETTINELLI ELENA	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410042 FISICA TERRESTRE in Fisica LM-17 PETTINELLI ELENA	60	
Mutuato da: 20410042 FISICA TERRESTRE in Fisica LM-17 PETTINELLI ELENA	60	
Mutuato da: 20410042 FISICA TERRESTRE in Fisica LM-17 PETTINELLI ELENA	60	
Mutuato da: 20410042 FISICA TERRESTRE in Fisica LM-17 PETTINELLI ELENA	60	

20410583 - FONDAMENTI DI MICROSCOPIA CON LABORATORIO (- FIS/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
TALAMAS SIMOLA ENRICO	60	Carico didattico	

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

Curricula: Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 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: Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410568 IN470 - METODI COMPUTAZIONALI PER LA BIOLOGIA in Scienze Computazionali LM-40		

20410426 - IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO (- INF/01 - 6 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410426 IN480 - CALCOLO PARALLELO E DISTRIBUITO in Scienze Computazionali LM-40		

20411008 - Introduzione alla Teoria del Funzionale Densità: principi e pratica (- FIS/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Fisica Teorica e Computazionale della Materia

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

Curricula: Didattica e Comunicazione scientifica - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Mutuazioni:

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

20410719 - Sismologia generale (- FIS/06 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410719 Sismologia generale in Fisica LM-17		

20410717 - Teorie Quantistiche della Materia (- FIS/03 - 8 CFU - 80 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
RAIMONDI ROBERTO	60	Carico didattico	
RAIMONDI ROBERTO	20	Affidamento a titolo gratuito	

20410718 - Teorie Quantistiche della Materia - Mod. A (- FIS/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Fisica Teorica delle Interazioni Fondamentali - Fisica Teorica e Computazionale della Materia

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410717 Teorie Quantistiche della Materia in Fisica LM-17 RAIMONDI ROBERTO	60	

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410717 Teorie Quantistiche della Materia in Fisica LM-17 RAIMONDI ROBERTO	60	

Secondo anno

Primo semestre

20401070 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI (- FIS/04 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BRANCHINI PAOLO	60	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo	60	
Mutuato da: 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo	60	
Mutuato da: 20401070 ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI in Fisica LM-17 N0 Branchini Paolo	60	

20410885 - Applicazioni della fisica delle particelle alla terapia medica (- FIS/04 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
ATTILI ANDREA	48	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410885 Applicazioni della fisica delle particelle alla terapia medica in Fisica LM-17 ATTILI Andrea	48	
Mutuato da: 20410885 Applicazioni della fisica delle particelle alla terapia medica in Fisica LM-17 ATTILI Andrea	48	
Mutuato da: 20410885 Applicazioni della fisica delle particelle alla terapia medica in Fisica LM-17 ATTILI Andrea	48	

20402143 - COSMOLOGIA (- FIS/05 - 8 CFU - 64 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
MAGLIOCCHETTI MANUELA	64	Carico didattico	N0

20401139 - FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI (- FIS/02 - 8 CFU - 64 ore - ITA)

Curricula: Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
TARANTINO CECILIA	64	Carico didattico	N0

20410427 - IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE (- INF/01 - 6 CFU - 72 ore - ITA)

Curricula: Fisica teorica

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410427 IN490 - LINGUAGGI DI PROGRAMMAZIONE in Scienze Computazionali LM-40	72	

Dettaglio	Ore	Canale
LOMBARDI FLAVIO		

20402146 - ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE (- FIS/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BIANCHI STEFANO	60	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402146 ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE in Fisica LM-17 N0 BIANCHI STEFANO	60	
Mutuato da: 20402146 ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE in Fisica LM-17 N0 BIANCHI STEFANO	60	
Mutuato da: 20402146 ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE in Fisica LM-17 N0 BIANCHI STEFANO	60	
Mutuato da: 20402146 ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE in Fisica LM-17 N0 BIANCHI STEFANO	60	N0
Mutuato da: 20402146 ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE in Fisica LM-17 N0 BIANCHI STEFANO	60	N0
Mutuato da: 20402146 ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE in Fisica LM-17 N0 BIANCHI STEFANO	60	N0

20410506 - COSMOLOGIA (- FIS/05 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20402143 COSMOLOGIA in Fisica LM-17 N0 MAGLIOCCHETTI Manuela	48	
Fruito da: 20402143 COSMOLOGIA in Fisica LM-17 N0 MAGLIOCCHETTI Manuela	48	
Fruito da: 20402143 COSMOLOGIA in Fisica LM-17 N0 MAGLIOCCHETTI Manuela	48	
Fruito da: 20402143 COSMOLOGIA in Fisica LM-17 N0 MAGLIOCCHETTI Manuela	48	
Fruito da: 20402143 COSMOLOGIA in Fisica LM-17 N0 MAGLIOCCHETTI Manuela	48	
Fruito da: 20402143 COSMOLOGIA in Fisica LM-17 N0 MAGLIOCCHETTI Manuela	48	

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

Curricula: Fisica teorica

Mutuazioni:

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

20410504 - INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA (- BIO/13 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Didattico

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE ROSSI MARIANNA NICOLETTA	48	
Fruito da: 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE RUZZIER ENRICO	48	
Fruito da: 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE UDROIU ION	48	
Fruito da: 20410003 Introduzione alla Biologia in Scienze biologiche L-13 NESSUNA CANALIZZAZIONE ZOCCHI ALESSANDRO	48	

20410580 - Education & Outreach, la comunicazione della scienza (- FIS/08 - 6 CFU - 52 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GIACOMINI LIVIA	24	Carico didattico	
DE ANGELIS ILARIA	23	Carico didattico	
BERNIERI ENRICO	5	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 GIACOMINI Livia	24	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 DE ANGELIS ILARIA	23	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 BERNIERI ENRICO	5	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 GIACOMINI Livia	24	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 DE ANGELIS ILARIA	23	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 BERNIERI ENRICO	5	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 GIACOMINI Livia	24	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 DE ANGELIS ILARIA	23	
Mutuato da: 20410580 Education & Outreach, la comunicazione della scienza in Fisica LM-17 BERNIERI ENRICO	5	

20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE (- FIS/04,FIS/01 - 8 CFU - 86 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DI MICCO BIAGIO	38	Affidamento a titolo gratuito	
DI MICCO BIAGIO	38	Carico didattico	
MARI STEFANO MARIA	35	Carico didattico	
BIANCHI LUCREZIA	9	Didattica Integrativa	

20410585 - FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE (- FIS/03 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GALLO PAOLA	60	Affidamento a titolo gratuito	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410585 FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE in Fisica LM-17 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20410585 FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE in Fisica LM-17 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20410585 FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE in Fisica LM-17 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20410585 FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE in Fisica LM-17 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20410585 FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE in Fisica LM-17 GALLO PAOLA	60	
Mutuato da: 20410585 FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE in Fisica LM-17 GALLO PAOLA	60	

20410098 - FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI (- FIS/05 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
CLAUDI RICCARDO	24	Carico didattico	1
TOSI FEDERICO	24	Carico didattico	2

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410098 FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI in Fisica LM-17 1 CLAUDI Riccardo	24	
Mutuato da: 20410098 FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI in Fisica LM-17 1 CLAUDI Riccardo	24	

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410098 FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI in Fisica LM-17 1 CLAUDI Riccardo	24	

20401425 - MECCANICA STATISTICA (- FIS/02 - 8 CFU - 80 ore - ITA)

Curricula: Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LUPI LAURA	60	Carico didattico	N0
LUPI LAURA	20	Affidamento a titolo gratuito	N0

20402215 - METODI SPERIMENTALI DI STRUTTURA DELLA MATERIA (- FIS/03 - 9 CFU - 84 ore - ITA)

Curricula: Fisica Sperimentale della Materia

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
RUOCCO ALESSANDRO	84	Carico didattico	

20402259 - FISICA DEL CLIMA (- FIS/06 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
PASINI ANTONELLO	30	Carico didattico	
PETTITA MARCELLO	30	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pasini Antonello	30	
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pettita Marcello	30	
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pasini Antonello	30	
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pettita Marcello	30	
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pasini Antonello	30	
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pettita Marcello	30	
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pasini Antonello	30	N0
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pettita Marcello	30	N0
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pasini Antonello	30	N0
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pettita Marcello	30	N0
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pasini Antonello	30	N0
Mutuato da: 20402259 FISICA DEL CLIMA in Fisica LM-17 Pettita Marcello	30	N0

20410897 - Metodi sperimentali in Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti (- FIS/06 - 8 CFU - 82 ore - ITA)

Curricula: Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LAURO SEBASTIAN EMANUEL	82	Affidamento a titolo gratuito	
LAURO SEBASTIAN EMANUEL	28	Carico didattico	

20402026 - FISICA DELLA IONOSFERA E DELLA MAGNETOSFERA (- FIS/06 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
SCOTTO CARLO	48	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402026 FISICA DELLA IONOSFERA E DELLA MAGNETOSFERA in Fisica LM-17 N0 SCOTTO Carlo	48	
Mutuato da: 20402026 FISICA DELLA IONOSFERA E DELLA MAGNETOSFERA in Fisica LM-17 N0 SCOTTO Carlo	48	
Mutuato da: 20402026 FISICA DELLA IONOSFERA E DELLA MAGNETOSFERA in Fisica LM-17 N0 SCOTTO Carlo	48	

20410051 - FISICA DELLE SUPERFICI E INTERFACCE (- FIS/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
OFFI FRANCESCO	48	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410051 FISICA DELLE SUPERFICI E INTERFACCE in Fisica LM-17 OFFI FRANCESCO	48	
Mutuato da: 20410051 FISICA DELLE SUPERFICI E INTERFACCE in Fisica LM-17 OFFI FRANCESCO	48	
Mutuato da: 20410051 FISICA DELLE SUPERFICI E INTERFACCE in Fisica LM-17 OFFI FRANCESCO	48	
Mutuato da: 20410051 FISICA DELLE SUPERFICI E INTERFACCE in Fisica LM-17 OFFI FRANCESCO	48	

20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE (- FIS/04 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	24	Carico didattico	
SALAMANNA GIUSEPPE	20	Carico didattico	
SALAMANNA GIUSEPPE	4	Affidamento a titolo gratuito	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410505 FISICA DELLE ASTROPARTICELLE in Fisica LM-17 BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	24	
Mutuato da: 20410505 FISICA DELLE ASTROPARTICELLE in Fisica LM-17 SALAMANNA GIUSEPPE	24	
Mutuato da: 20410505 FISICA DELLE ASTROPARTICELLE in Fisica LM-17 BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	24	
Mutuato da: 20410505 FISICA DELLE ASTROPARTICELLE in Fisica LM-17 SALAMANNA GIUSEPPE	24	
Mutuato da: 20410505 FISICA DELLE ASTROPARTICELLE in Fisica LM-17 BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	24	
Mutuato da: 20410505 FISICA DELLE ASTROPARTICELLE in Fisica LM-17 SALAMANNA GIUSEPPE	24	

20410884 - Fondi radioattivi nelle ricerche di fisica fondamentale e radioattività' (- FIS/04 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
LAUBENSTEIN MATTHIAS	48	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410884 Fondi radioattivi nelle ricerche di fisica fondamentale e radioattività' in Fisica LM-17 LAUBENSTEIN Matthias	48	
Mutuato da: 20410884 Fondi radioattivi nelle ricerche di fisica fondamentale e radioattività' in Fisica LM-17	48	

Dettaglio	Ore	Canale
LAUBENSTEIN Matthias		
Mutuato da: 20410884 Fondi radioattivi nelle ricerche di fisica fondamentale e radioattività in Fisica LM-17 LAUBENSTEIN Matthias	48	

20410097 - FOTONICA QUANTISTICA (- FIS/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
GIANANI ILARIA	48	Carico didattico	

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410097 FOTONICA QUANTISTICA in Fisica LM-17 GIANANI ILARIA	48	
Mutuato da: 20410097 FOTONICA QUANTISTICA in Fisica LM-17 GIANANI ILARIA	48	
Mutuato da: 20410097 FOTONICA QUANTISTICA in Fisica LM-17 GIANANI ILARIA	48	
Mutuato da: 20410097 FOTONICA QUANTISTICA in Fisica LM-17 GIANANI ILARIA	48	

20402354 - MECCANICA STATISTICA (- FIS/02 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Fruito da: 20401425 MECCANICA STATISTICA in Fisica LM-17 NO LUPI LAURA	60	
Fruito da: 20401425 MECCANICA STATISTICA in Fisica LM-17 NO LUPI LAURA	60	
Fruito da: 20401425 MECCANICA STATISTICA in Fisica LM-17 NO LUPI LAURA	60	
Fruito da: 20401425 MECCANICA STATISTICA in Fisica LM-17 NO LUPI LAURA	60	
Fruito da: 20401425 MECCANICA STATISTICA in Fisica LM-17 NO LUPI LAURA	60	
Fruito da: 20401425 MECCANICA STATISTICA in Fisica LM-17 NO LUPI LAURA	60	

20402155 - MISURE ASTROFISICHE (- FIS/05 - 6 CFU - 60 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
DE ROSA ALESSANDRA	40	Carico didattico	N0
LA FRANCA FABIO	30	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20402155 MISURE ASTROFISICHE in Fisica LM-17 N0 DE ROSA Alessandra	40	
Mutuato da: 20402155 MISURE ASTROFISICHE in Fisica LM-17 N0 LA FRANCA FABIO	30	
Mutuato da: 20402155 MISURE ASTROFISICHE in Fisica LM-17 N0 DE ROSA Alessandra	40	
Mutuato da: 20402155 MISURE ASTROFISICHE in Fisica LM-17 N0 LA FRANCA FABIO	30	
Mutuato da: 20402155 MISURE ASTROFISICHE in Fisica LM-17 N0 DE ROSA Alessandra	40	
Mutuato da: 20402155 MISURE ASTROFISICHE in Fisica LM-17 N0 LA FRANCA FABIO	30	

20410891 - SISMOLOGIA OSSERVAZIONALE (- GEO/10 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410891 SISMOLOGIA OSSERVAZIONALE in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CAMMARANO FABIO		
Mutuato da: 20410891 SISMOLOGIA OSSERVAZIONALE in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CAMMARANO FABIO		

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410891 SISMOLOGIA OSSERVAZIONALE in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CAMMARANO FABIO		
Mutuato da: 20410891 SISMOLOGIA OSSERVAZIONALE in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CAMMARANO FABIO		
Mutuato da: 20410891 SISMOLOGIA OSSERVAZIONALE in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CAMMARANO FABIO		
Mutuato da: 20410891 SISMOLOGIA OSSERVAZIONALE in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CAMMARANO FABIO		

20401000 - STRUMENTAZIONE FISICA PER LA MEDICINA E LA BIOLOGIA (- FIS/04 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FABBRI ANDREA	48	Carico didattico	N0

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20401000 STRUMENTAZIONE FISICA PER LA MEDICINA E LA BIOLOGIA in Fisica LM-17 N0 FABBRI ANDREA	48	
Mutuato da: 20401000 STRUMENTAZIONE FISICA PER LA MEDICINA E LA BIOLOGIA in Fisica LM-17 N0 FABBRI ANDREA	48	
Mutuato da: 20401000 STRUMENTAZIONE FISICA PER LA MEDICINA E LA BIOLOGIA in Fisica LM-17 N0 FABBRI ANDREA	48	

20402258 - TEORIA DELLA RELATIVITA' (- FIS/02 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Docenti:

Nominativo	Ore	Tipo incarico	Canale
FRANCIA DARIO	30	Carico didattico	
FRANCIA DARIO	18	Affidamento di incarico retribuito	

Mutuazioni:

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

20410610 - Terremoti e Deformazione crostale (- GEO/10 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410610 Terremoti e Deformazione crostale in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CULTRERA GIOVANNA	48	
Mutuato da: 20410610 Terremoti e Deformazione crostale in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CULTRERA GIOVANNA	48	
Mutuato da: 20410610 Terremoti e Deformazione crostale in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CULTRERA GIOVANNA	48	
Mutuato da: 20410610 Terremoti e Deformazione crostale in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CULTRERA GIOVANNA	48	
Mutuato da: 20410610 Terremoti e Deformazione crostale in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CULTRERA GIOVANNA	48	
Mutuato da: 20410610 Terremoti e Deformazione crostale in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 CULTRERA GIOVANNA	48	

20410901 - VULCANO-TETTONICA (- GEO/03 - 6 CFU - 48 ore - ITA)

Curricula: *Astrofisica e cosmologia - Didattico - Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti - Fisica Sperimentale della Materia - Fisica Sperimentale delle Particelle Elementari - Fisica teorica*

Mutuazioni:

Dettaglio	Ore	Canale
Mutuato da: 20410901 VULCANO-TETTONICA in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 ACOCELLA VALERIO	48	
Mutuato da: 20410901 VULCANO-TETTONICA in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 ACOCELLA VALERIO	48	
Mutuato da: 20410901 VULCANO-TETTONICA in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 ACOCELLA VALERIO	48	
Mutuato da: 20410901 VULCANO-TETTONICA in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 ACOCELLA VALERIO	48	
Mutuato da: 20410901 VULCANO-TETTONICA in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 ACOCELLA VALERIO	48	
Mutuato da: 20410901 VULCANO-TETTONICA in Geologia e Tutela dell'Ambiente LM-74 ACOCELLA VALERIO	48	

INCARICHI DIDATTICI DEL CORSO DI LAUREA

Nominativo	Tot.Ore	Tipo incarico	Ore	Attività didattica
ATTILI ANDREA	48	Carico didattico	48	20410885 - Applicazioni della fisica delle particelle alla terapia medica
BERNIERI ENRICO	5	Carico didattico	5	20410580 - Education & Outreach, la comunicazione della scienza
BIANCHI LUCREZIA	9	Didattica Integrativa	9	20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE
BIANCHI STEFANO	120	Carico didattico	60	20402146 - ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE
		Carico didattico	60	20410041 - ASTROFISICA GENERALE
BRANCHINI PAOLO	60	Carico didattico	60	20401070 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI
BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA	24	Carico didattico	24	20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE
CLAUDI RICCARDO	24	Carico didattico	24	20410098 - FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI
DE ANGELIS ILARIA	23	Carico didattico	23	20410580 - Education & Outreach, la comunicazione della scienza
DE ROSA ALESSANDRA	40	Carico didattico	40	20402155 - MISURE ASTROFISICHE
DE SETA MONICA	48	Carico didattico	48	20410710 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture
DEGRASSI GIUSEPPE	102	Carico didattico	68	20401904 - FISICA TEORICA I
		Carico didattico	34	20402218 - FISICA TEORICA II
DI GASPARE LUCIANA	24	Carico didattico	24	20410710 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture
DI MICCO BIAGIO	102	Carico didattico	64	20410581 - FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI
		Carico didattico	38	20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE
		Affidamento a titolo gratuito	38	20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE
		Carico didattico	38	20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE
		Affidamento a titolo gratuito	38	20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE
FABBRI ANDREA	48	Carico didattico	48	20401000 - STRUMENTAZIONE FISICA PER LA MEDICINA E LA BIOLOGIA
FRANCESCHINI ROBERTO	52	Carico didattico	34	20402211 - COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA
		Affidamento a titolo gratuito	52	20402211 - COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA
FRANCIA DARIO	68	Carico didattico	20	20410086 - ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA
		Carico didattico	30	20402258 - TEORIA DELLA RELATIVITA'
		Affidamento di incarico retribuito	18	20402258 - TEORIA DELLA RELATIVITA'
GALLO PAOLA	120	Affidamento a titolo gratuito	60	20410585 - FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE
		Carico didattico	60	20402210 - FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA
GIACOMINI LIVIA	24	Carico didattico	24	20410580 - Education & Outreach, la comunicazione della scienza
GIANANI ILARIA	48	Carico didattico	48	20410097 - FOTONICA QUANTISTICA
LA FRANCA FABIO	80	Carico didattico	50	20401878 - ASTROFISICA EXTRAGALATTICA
		Carico didattico	30	20402155 - MISURE ASTROFISICHE
LAUBENSTEIN MATTHIAS	48	Carico didattico	48	20410884 - Fondi radioattivi nelle ricerche di fisica fondamentale e radioattività
LAURO SEBASTIAN EMANUEL	82	Carico didattico	28	20410897 - Metodi sperimentali in Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti
		Affidamento a titolo gratuito	82	20410897 - Metodi sperimentali in Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti
LUPI LAURA	100	Affidamento a titolo gratuito	20	20402210 - FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA
		Carico didattico	60	20401425 - MECCANICA STATISTICA
		Affidamento a titolo gratuito	20	20401425 - MECCANICA STATISTICA
MAGLIOCCHETTI MANUELA	64	Carico didattico	64	20402143 - COSMOLOGIA
MARI STEFANO MARIA	35	Carico didattico	35	20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE
MELONI DAVIDE	18	Carico didattico	18	20402218 - FISICA TEORICA II
MENCI NICOLA	30	Carico didattico	30	20410086 - ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA
OFFI FRANCESCO	48	Carico didattico	48	20410051 - FISICA DELLE SUPERFICI E INTERFACCE
ORESTANO DOMIZIA	16	Carico didattico	16	20410581 - FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI
PASINI ANTONELLO	30	Carico didattico	30	20402259 - FISICA DEL CLIMA
PETITTA MARCELLO	90	Carico didattico	30	20402259 - FISICA DEL CLIMA
		Carico didattico	60	20410879 - Fisica dell'Atmosfera e Meteorologia
PETRUCCI FABRIZIO	32	Carico didattico	16	20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)
		Carico didattico	16	20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)
PETTINELLI ELENA	60	Carico didattico	60	20410042 - FISICA TERRESTRE
RAIMONDI ROBERTO	80	Carico didattico	60	20410717 - Teorie Quantistiche della Materia
		Affidamento a titolo gratuito	20	20410717 - Teorie Quantistiche della Materia
RICCI FEDERICA	10	Carico didattico	10	20401878 - ASTROFISICA EXTRAGALATTICA

Nominativo	Tot.Ore	Tipo incarico	Ore	Attività didattica
RUOCCO ALESSANDRO	84	Carico didattico	84	20402215 - METODI SPERIMENTALI DI STRUTTURA DELLA MATERIA
SALAMANNA GIUSEPPE	88	Carico didattico	20	20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE
		Affidamento a titolo gratuito	4	20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE
		Carico didattico	20	20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE
		Affidamento a titolo gratuito	4	20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE
		Carico didattico	20	20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE
		Affidamento a titolo gratuito	4	20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE
		Carico didattico	32	20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)
Carico didattico	32	20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)		
SCOTTO CARLO	48	Carico didattico	48	20402026 - FISICA DELLA IONOSFERA E DELLA MAGNETOSFERA
TALAMAS SIMOLA ENRICO	60	Carico didattico	60	20410583 - FONDAMENTI DI MICROSCOPIA CON LABORATORIO
TARANTINO CECILIA	64	Carico didattico	64	20401139 - FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI
TOSI FEDERICO	24	Carico didattico	24	20410098 - FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI
VENTURA PAOLO	48	Carico didattico	48	20402214 - ASTROFISICA STELLARE
DOCENTE NON DEFINITO	64	Bando	48	20410502 - DIDATTICA DELLA FISICA
Totale ore	2292			

CONTENUTI DIDATTICI

20401070 - ACQUISIZIONE DATI E CONTROLLO DI ESPERIMENTI

Canale:N0

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.it>.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni si svolgono in modalità tradizionale, in aula, spesso con l'ausilio di proiezioni di slides per la gestione dei dati. 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

-

20410885 - Applicazioni della fisica delle particelle alla terapia medica

Docente: ATTILI Andrea

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Introduzione generale alla radioterapia. # Razionale fisico e biologico delle radiazioni ionizzanti nei trattamenti oncologici. # Curva dose-effetto, TCP, NTCP ed indice terapeutico. # Istogrammi dose-volume. Selettività fisica e biologica. # Panoramica introduttiva delle tecniche radioterapiche (dai raggi-x ai fasci di ioni): # Radioterapia con fotoni: convenzionale, conformazionale, IMRT. Brachiterapia. # Radioterapia con fasci di ioni: l'adroterapia. # Cenni sulle Facility (attive ed in fase di sviluppo) e diffusione nel mondo. # Classificazione delle radiazioni ionizzanti: il problema della scelta del tipo di radiazione per applicazioni terapeutiche # Definizione delle quantità fisiche e radiobiologiche rilevanti. # Selettività fisica: # Radiazione direttamente e indirettamente ionizzante # Radiazione a basso-LET e alto-LET. Il picco di Bragg. # Esempi per indirettamente ionizzante: fotoni, neutroni; direttamente ionizzante: elettroni, positroni, ioni. # Selettività biologica: # Radiazione scarsamente ionizzante ed altamente ionizzante. Il concetto di traccia ed aspetti micro/nano-dosimetrici. # Relazione tra LET ed "efficacia biologica" # Aspetti fisici dell'adroterapia: interazione dei fasci di ioni con la materia. # Stopping Power # Classificazione dello stopping power. # Derivazione delle equazioni dello stopping power (approcci di Bohr, Bethe e Bloch, fattori correttivi) # Il potenziale di eccitazione medio. Miscele. # Perdita di energia e "range straggling". # Approssimazioni CSDA # Teoria di Landau-Vavilov # Allargamento laterale dei fasci # Multiple scattering. Interazioni Coulombiane con i nuclei target. Equazioni di Bothe e Moliere. # Interazioni nucleari e frammentazione # Approcci modellistici: modelli INC e QMD. # Frammentazione del target e frammentazione del proiettile # La "coda dei frammenti" e miscele di ioni. # Approfondimento: la PET in-beam # Aspetti radiobiologici. # Basi di radiobiologia # Scale spaziali e temporali dei processi radiobiologici. # Oncogenesi. # Sopravvivenza cellulare: definizione, processi di danno (diretto ed indiretto), meccanismi di riparazione. Ipossia. Mutazioni e trasformazioni. # Esperimenti clonogenici e modello L-Q. # Effetti temporali e frazionamento. # Approfondimento: l'effetto FLASH # Effetti radiobiologici dei fasci di ioni # L'efficacia biologica relativa (RBE): definizione, sistematica, complessità ed aspetti fisici. # l'Oxygen Enhancement Ratio (OER). # Modellizzazione fisica e radiobiologica per fasci di ioni nelle applicazioni cliniche # Richiamo ai concetti di traccia e clusterizzazione del danno. # Il "Local Effect Model" (LEM) # Equazioni cinetiche per il danno e riparo cellulare. Aspetti radio-chimici. # Modelli microdosimetrici # Basi matematiche della microdosimetria. Aspetti stocastici. # Il "Microdosimetric-Kinetic model" (MKM) # Approfondimento: approcci MKM avanzati: Monte Carlo, effetti temporali (FLASH effect), OER, Mutazioni. # Modelli TCP/NTCP # Approfondimento: modelli per valutare il rischio di tumori secondari. # "Dose Delivery" e "Dose Shaping" # Classificazione dei sistemi di accelerazione dei fasci di ioni e tipologie di facility # Sincrotroni, ciclotroni e Laser-driven. # Aspetti generali delle misure di dose, in-beam monitoring, e radioprotezione. # Aspetti generali della modulazione del rilascio di dose in 3D. # Lo Spread-Out Bragg Peak (SOBP). # Il gantry system. # Sistemi di dose-shaping passivi (3D Range Modulator) # Sistemi a scansione attiva (raster scan e modulazione di energia) # Simulazione ed ottimizzazione dei piani di trattamento: il "Treatment Planning System" # Descrizione generale del TPS e delle procedure di pianificazione # Acquisizione di immagini (CT), segmentazione, prescrizione e definizione dei vincoli dose-volume, inverse planning, calcolo DVH. # Simulazioni Monte Carlo per il calcolo della dose # Aspetti generali del tracciamento delle particelle. # Uso della CT per la modellizzazione del paziente ed identificazione della composizione elementare dei tessuti. # Sistemi di riduzione della varianza # Algoritmi pencil-beam e approssimazione WEPL per il calcolo veloce della dose. # Dettagli sull'"inverse planning" # Decomposizione in pencil beam e gradi di libertà # Esempi di algoritmi di ottimizzazione # Ottimizzazione radiobiologica # Metodi di integrazione dei modelli radiobiologici nei calcoli TPS con RBE-weighted dose (RWD). Approcci pre-mixing e post-mixing. # Esempi: calcoli distribuzione RWD con LEM e MKM. # Attività pratica e Hand-on: esercitazioni esemplificative con l'utilizzo di codici open-source per calcoli radiobiologici e simulazione di trattamenti. # Download ed installazione dei codici: Topas, Survival e R-Planit. # Esercizi simulazioni Monte Carlo (codice: Topas/Geant4) # Valutazione della distribuzione di dose dose rilasciata da un fascio di ioni in un paziente virtuale. # Valutazione degli spettri microdosimetrici in un nucleo cellulare per interazione con ioni. # Esercizi simulazioni radiobiologiche (codice: Survival) # Calcolo della probabilità di sopravvivenza cellulare per un campione di cellule irraggiato con fasci di ioni con il modello MKM o LEM. # Esercizio di pianificazione di un piano di trattamento (codice: R-Planit) # Calcolo ed ottimizzazione di un trattamento a partire dalla CT di un paziente virtuale e dalla prescrizione clinica data. # Calcolo dei DVH del piano ottimizzato. # (Approfondimento: combinazione dei risultati degli esercizi precedenti per la valutazione della distribuzione dell'RWD nel paziente trattato.

Testi

Podgoršak, E. B. (2016). Graduate Texts in Physics: Radiation Physics for Medical Physicists. # Hobbie, R. K., Roth, B. J. (2007). Intermediate physics for medicine and biology. Germany: Springer New York. # M. Joiner & A. van der Kogel (eds.) (2009). Basic Clinical Radiobiology. Edward Arnold. # Paganetti, H. (ed.) (2012). Proton Therapy Physics. CRC Press. # MA, C.-M. C., & Lomax, T. (eds.) (2013). Proton and Carbon Ion Therapy. CRC Press

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

lezioni frontali con eventualmente un "hands-on" nella sala calcolo, su alcune procedure di simulazione dei piani di trattamento

Modalità di valutazione

- Non si prevedono esoneri o verifiche. Si prevede solo un esame orale alla fine

English

Prerequisites

none

Programme

General introduction to radiation therapy. # Physical and biological rationale of ionizing radiation in cancer treatments. # Dose-effect curve, TCP, NTCP and therapeutic index. # Dose-volume histograms. Physical and biological selectivity. # Introductory overview of radiotherapy techniques (from x-rays to ion beams): # Photon Radiation Therapy: conventional, conformational, IMRT. Brachytherapy. Radiotherapy with ion beams: hadrontherapy. # Notes on Facilities (active and under development) and diffusion in the world. # Classification of ionizing radiation: the problem of choosing the type of radiation for therapeutic applications # Definition of relevant physical and radiobiological quantities. # Physical Selectivity: # Directly and indirectly ionizing radiation # Low-LET and high-LET radiation. Bragg's peak. Examples for indirectly ionizing: photons, neutrons; directly ionizing: electrons, positrons, ions. # Biological Selectivity: # Poorly ionizing and highly ionizing radiation. The Concept trace and micro/nano-dosimetric aspects. # Relationship between LET and "biological efficacy" # Physical aspects of hadrontherapy: interaction of ion beams with matter. # Stopping Power Stopping power classification. # Derivation of stopping power equations (Bohr, Bethe approaches and Bloch, corrective factors) # The average excitation potential. Mixtures. # Energy loss and range straggling. # CSDA Approximations # Landau-Vavilov theory # Lateral beam widening # Multiple scattering. Coulomb interactions with target nuclei. Equations by Bothe and Moliere. Nuclear interactions and fragmentation # Modelling approaches: INC and QMD models. # Target Fragmentation and Projectile Fragmentation # The "tail of

fragments" and mixtures of ions. # In-depth analysis: in-beam PET # Radiobiological aspects. # Basics of Radiobiology # Spatial and temporal scales of radiobiological processes. # Oncogenesis. Cell survival: definition, processes of damage (direct and mechanisms. Hypoxia. Mutations and transformations. # Clonogenic experiments and L-Q model. # Temporal effects and fractionation. # In-depth: the FLASH effect # Radiobiological effects of ion beams # Relative biological efficacy (RBE): definition, systematic, complexity and physical aspects. # the Oxygen Enhancement Ratio (OER). Physical and Radiobiological Modeling for Ion Beams in Clinical Applications # Recall to the concepts of tracing and clustering of damage. # The "Local Effect Model" (LEM) # Kinetic equations for cell damage and repair. Radio-chemical aspects. # Microdosimetry models # Mathematical basis of microdosimetry. Stochastic aspects. # The Microdosimetric-Kinetic model (MKM) # In-Depth: Advanced MKM Approaches: Monte Carlo, Effects temporal (FLASH effect), OER, Mutations. TCP/NTCP Models # In-depth analysis: models to assess the risk of secondary cancers. # "Dose Delivery" and "Dose Shaping" # Classification of ion beam acceleration systems and types of facilities # Synchrotrons, cyclotrons and Laser-driven. # General aspects of dose measurements, in-beam monitoring, and radiation protection. # General aspects of dose delivery modulation in 3D. # The Spread-Out Bragg Peak (SOBP). The gantry system. # Passive dose-shaping systems (3D Range Modulator) # Active scanning systems (raster scan and energy modulation) # Simulation and optimization of treatment plans: the "Treatment Planning System" # General description of TPS and planning procedures # Image acquisition (CT), segmentation, prescription and definition dose-volume constraints, inverse planning, DVH calculation. # Monte Carlo simulations for dose calculation General aspects of particle tracking. # Use of CT for patient modeling and identification of the elemental composition of tissues. # Variance reduction systems # Pencil-beam algorithms and WEPL approximation for fast dose calculation. # Inverse planning details # Pencil beam decomposition and degrees of freedom # Examples of optimization algorithms # Radiobiological optimization Methods of integrating radiobiological models into TPS calculations with RBE-weighted dose (RWD). Pre-mixing and post-mixing approaches. # Examples: RWD distribution calculations with LEM and MKM. # Practical activity and Hand-on: exemplary exercises with the use of codes Open-source for radiobiological calculations and treatment simulation. # Download and install the codes: Topas, Survival and R-Planit. # Monte Carlo simulation exercises (code: Topas/Geant4) Evaluation of the Dose Distribution Released by an Ion Beam in a virtual patient. # Evaluation of microdosimetric spectra in a cell nucleus for interaction with ions. # Radiobiological simulation exercises (code: Survival) # Calculation of the probability of cell survival for a sample of cells irradiated with ion beams with the MKM or LEM model. Exercise in planning a treatment plan (code: R-Planit) # Calculation and optimization of a treatment starting from the CT of a virtual patient and the clinical prescription given. # Calculation of the DVH of the optimized plan. # (Follow-up: Combining the results of the previous exercises for the assessment of the distribution of RWD in the treated patient.

Reference books

Podgoršak, E. B. (2016). Graduate Texts in Physics: Radiation Physics for Medical Physicists. # Hobbie, R. K., Roth, B. J. (2007). Intermediate physics for medicine and biology. Germany: Springer New York. # M. Joiner & A. van der Kogel (eds.) (2009). Basic Clinical Radiobiology. Edward Arnold. # Paganetti, H. (ed.) (2012). Proton Therapy Physics. CRC Press. # MA, C.-M. C., & Lomax, T. (eds.) (2013). Proton and Carbon Ion Therapy. CRC Press

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402146 - ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE

Docente: BIANCHI STEFANO

Italiano

Prerequisiti

Non sono richieste specifiche conoscenze pregresse.

Programma

OGGETTI COMPATTI: NANE BIANCHE, STELLE DI NEUTRONI. LIMITE DI CHANDRASEKHAR, PULSAR, BUCHI NERI
ACCRESIMENTO: TEORIA, LIMITE DI EDDINGTON, DISCHI DI ACCRESIMENTO BINARIE X: FENOMENOLOGIA E CLASSIFICAZIONE, VARIABILI CATACLISMICHE, BINARIE X DI PICCOLA E GRANDE MASSA, CANDIDATI BUCHI NERI NUCLEI GALATTICI ATTIVI: FENOMENOLOGIA E CLASSIFICAZIONE, EMISSIONE IN BANDA X E GAMMA, GETTI, MOTI SUPERLUMINALI
GAMMA RAY BURST: FENOMENOLOGIA, ORIGINE E MECCANISMI DI EMISSIONE AMMASSI DI GALASSIE: EMISSIONE X DAL MEZZO INTERGALATTICO, COOLING FLOW RAGGI COSMICI: COMPOSIZIONE, SPETTRO ED ORIGINE, RESTI DI SUPERNOVA, RAGGI COSMICI DI ALTISSIMA ENERGIA.

Testi

(LONGAIR MALCOM S.) HIGH ENERGY ASTROPHYSICS 3RD ED. [CAMBRIDGE 2011] (KIPPENHAHN R., WEIGERT A.) STELLAR STRUCTURE AND EVOLUTION [SPRINGER 1994] (G.B. RYBICKI, A.P. LIGHTMAN) RADIATIVE PROCESSES IN ASTROPHYSICS [WILEY] (VIETRI M.) ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE [BORINGHIERI] (SHAPIRO S.L, TEUKOLSKY S.A.) BLACK HOLES, WHITE DWARFS AND NEUTRON STARS [WILEY]

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali con proiezione di slide e approfondimenti, seguite da domande e risposte.

Modalità di valutazione

Prova orale sugli argomenti del corso, con discussione approfondita e corredata da formule e grafici in caso di necessita'.

English

Prerequisites

No prior knowledge is required.

Programme

COMPACT OBJECTS: WHITE DWARFS, NEUTRON STARS, THE CHANDRASEKHAR LIMIT, PULSARS, BLACK HOLES
ACCRETION: THEORY, EDDINGTON LIMIT, ACCRETION DISKS X-RAY BINARIES: CLASSIFICATION AND PHENOMENOLOGY,
CATAclysmic VARIABLES, LOW-MASS AND HIGH-MASS X-RAY BINARIES, BLACK HOLE CANDIDATES ACTIVE GALACTIC
NUCLEI: CLASSIFICATION AND PHENOMENOLOGY, X-RAY AND GAMMA-RAY EMISSION, JETS, SUPERLUMINAL MOTIONS
GAMMA RAY BURSTS: PHENOMENOLOGY, ORIGIN, EMISSION MECHANISMS CLUSTER OF GALAXIES: EMISSION FROM THE
INTERGALACTIC MEDIUM, COOLING FLOWS COSMIC RAYS: COMPOSITION, SPECTRUM AND ORIGIN, SUPERNOVA
REMNANTS, ULTRA HIGH ENERGY COSMIC RAYS

Reference books

(LONGAIR MALCOM S.) HIGH ENERGY ASTROPHYSICS 3RD ED. [CAMBRIDGE 2011] (KIPPENHAHN R., WEIGERT A.) STELLAR
STRUCTURE AND EVOLUTION [SPRINGER 1994] (G.B. RYBICKI, A.P. LIGHTMAN) RADIATIVE PROCESSES IN ASTROPHYSICS
[WILEY] (VIETRI M.) ASTROFISICA DELLE ALTE ENERGIE [BORINGHIERI] (SHAPIRO S.L, TEUKOLSKY S.A.) BLACK HOLES,
WHITE DWARFS AND NEUTRON STARS [WILEY]

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401878 - ASTROFISICA EXTRAGALATTICA

Canale:N0

Docente: LA FRANCA FABIO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Programma 1. Cenni di evoluzione stellare 2. Cenni sulla strumentazione 3. La Via Lattea 4. Il buco nero centrale 5. Classificazione delle galassie 6. Potenziali delle galassie, distribuzione di massa e andamento delle isofote 7. Le curve di rotazione 8. Relazioni di scala nelle galassie 9. Spettroscopia: gas freddo, gas caldo e gas molecolare 10. Misure spettroscopiche di velocità, temperatura e densità 11. Gli AGN: motore e struttura centrale 12. La misura della massa dei black holes 13. Gli AGN: evoluzione 14. Coevoluzione AGN/galassie 15. Misura e storia delle Star Formation and Accretion Rates 16. Misura e riproduzione di: fondi cosmici, funzioni di luminosità e di massa 17. La metallicità 18. Gli ammassi di galassie

Testi

L.S. Sparke and J.S. Gallagher Galaxies in the Universe - An Introduction. Cambridge University Press

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni alla lavagna con l'ausilio di proiezioni di immagini, grafici e filmati. Svolgimento di alcuni esercizi.

Modalità di valutazione

Il candidato deve esporre un argomento a sua scelta inquadrandolo scientificamente, mettendo in evidenza gli aspetti fisici più rilevanti e possibilmente dimostrando come si giunge alle relazioni fisiche che lo descrivono. In seguito la commissione sceglie altri due argomenti da far esporre sempre nella stessa maniera al candidato. Verranno valutati la correttezza, la completezza, e lo spirito critico delle esposizioni.

English

Prerequisites

none

Programme

1. Principles of Stellar Evolution 2. Principles of Observational Astronomy 3. The Milky Way 4. The central Black Hole of the Milky Way 5. Galaxy classification 6. Mass distribution, potentials, and isophotes 7. Rotation curves 8. Scaling relations in galaxies 9. Astrophysical Spectroscopy: cold gas, hot gas and molecular gas 10. Velocity, temperature and density measures 11. Active Galactic Nuclei: the structure and the central engine 12. The measure of the supermassive black hole masses 13. The evolution of the Active Galactic Nuclei 14. AGN/galaxy coevolution 15. Measure and history of the Star Formation Rate of galaxies 16. Luminosity and mass functions evolution of AGN and galaxies. Synthesis of the cosmic backgrounds. 17. Metallicity 18. Clusters of galaxies

Reference books

L.S. Sparke and J.S. Gallagher Galaxies in the Universe - An Introduction. Cambridge University Press

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401878 - ASTROFISICA EXTRAGALATTICA

Canale:N0

Docente: RICCI Federica

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

si veda la scheda del docente titolare

Testi

L.S. Sparke and J.S. Gallagher Galaxies in the Universe - An Introduction. Cambridge University Press

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

si veda la scheda del docente titolare

Modalità di valutazione

si veda la scheda del docente titolare

English

Prerequisites

none

Programme

see the profile of the lecturer

Reference books

L.S. Sparke and J.S. Gallagher Galaxies in the Universe - An Introduction. Cambridge University Press

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410041 - ASTROFISICA GENERALE

Docente: BIANCHI STEFANO

Italiano

Prerequisiti

Non e' necessaria una specifica conoscenza pregressa.

Programma

Processi Radiativi in Astrofisica: Equazione del Trasporto, Bremsstrahlung, Sincrotrone, Effetto Compton Inverso, Produzione di Coppie, Effetto Cherenkov Interazioni Nucleari, Righe Nucleari Spettroscopia: Notazione, Livelli di Energia, Regole di Selezione, Bilancio di Ionizzazione, Righe di Emissione e Assorbimento, Misure di Densità e Temperatura, Polvere ed Estinzione Spettroscopia Molecolare Altri Messaggeri in Astrofisica: Onde Gravitazionali, Neutrini Accelerazione di Particelle: Meccanismi di Fermi, Onde d'urto

Testi

(LONGAIR MALCOM S.) HIGH ENERGY ASTROPHYSICS 3RD ED. [CAMBRIDGE 2011] (G.B. RYBICKI, A.P. LIGHTMAN)

RADIATIVE PROCESSES IN ASTROPHYSICS [WILEY] (SHAPIRO S.L., TEUKOLSKY S.A.) BLACK HOLES, WHITE DWARFS AND NEUTRON STARS [WILEY] G. Ghisellini "Radiative Processes in High Energy Astrophysics", 2013

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali con proiezione di slide e approfondimenti, seguite da domande e risposte.

Modalità di valutazione

Prova orale sugli argomenti del corso, con discussione approfondita e corredata da formule e grafici in caso di necessita'.

English

Prerequisites

No prior knowledge is required.

Programme

Radiative processes in Astrophysics: Transfer Equation, Bremsstrahlung, Synchrotron Emission, Inverse Compton Effect, Pairs Production, Cherenkov Effect Nuclear Interactions, Nuclear Lines Spectroscopy: Spectroscopic Notation, Energy Levels, Selection Rules, Ionization Balance, Emission and Absorption Lines, Density and Temperature Measures, Dust and Extinction Molecular Spectroscopy Other Messengers in Astrophysics: Gravitational Waves, Neutrinos Particle Acceleration: Fermi Mechanisms, Shocks

Reference books

(LONGAIR MALCOM S.) HIGH ENERGY ASTROPHYSICS 3RD ED. [CAMBRIDGE 2011] (G.B. RYBICKI, A.P. LIGHTMAN) RADIATIVE PROCESSES IN ASTROPHYSICS [WILEY] (SHAPIRO S.L., TEUKOLSKY S.A.) BLACK HOLES, WHITE DWARFS AND NEUTRON STARS [WILEY] G. Ghisellini "Radiative Processes in High Energy Astrophysics", 2013

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402214 - ASTROFISICA STELLARE

Canale:N0

Docente: VENTURA PAOLO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Osservazioni stellari Magnitudine di una stella. Intensità luminosa. Magnitudine apparente e relativa. Spettro di corpo nero. Leggi di Wien e Stefan-Boltzmann. I colori delle stelle. Profondità ottica. Equazione del trasporto radiativo. Oscuramento al bordo. Approssimazione di Eddington-Barbier. Atmosfera grigia. Definizione di fotosfera e di temperatura effettiva. I diagrammi di Hertzsprung-Russell e Colore-Magnitudine. Spettri stellari. Equazioni di Saha e di Boltzman. Righe dell'idrogeno. Discontinuità di Balmer. Tipi spettrali. Trasporto radiativo e opacità. La radiazione elettromagnetica. Rapporto tra flusso radiativo e gradiente di temperatura. Opacità e libero cammino medio fotonico. Coefficiente di opacità medio di Rosseland. Meccanismi di assorbimento di fotoni: transizioni legato-legato, legato libero, e libero-libero. Opacità di Kramer. Scattering Thomson. Conduzione elettronica. Importanza relativa dei vari tipi di opacità nel piano densità-temperatura. La convezione nelle stelle L'instabilità convettiva. Criteri di Schwarzschild e Ledoux per l'instabilità convettiva. Cause principali per l'instaurarsi dell'instabilità convettiva. Efficienza della convezione. La "Mixing Length Theory" e il parametro libero β . Incertezze legate alla convezione. Calibrazione del parametro libero. Problematiche legate alla turbolenza e alla non località della convezione. Equazione di stato Equazione di stato per gli interni stellari. Pressioni di gas perfetto e di radiazione. Degenerazione elettronica. Il ruolo del Principio di Pauli. Il momento di Fermi. Degenerazione parziale e completa. Equazione di stato per gas degenerare in regime relativistico e non relativistico. Cristallizzazione. Neutronizzazione. Importanza relativa dei vari tipi di pressione nel piano densità-temperatura. Generazione di energia nucleare Le reazioni nucleari. Difetto di massa. Effetto tunnel. Risonanze. Sezioni d'urto. Rate di reazioni nucleari. Coefficiente di generazione di energia nucleare. Picco di Gamow. Dipendenza funzionale del rate delle reazioni nucleari dalla temperatura. Screening elettronico. La catena protone-protone. Il ciclo CNO. Abbondanze di equilibrio CNO. Le reazioni 3α . Le equazioni dell'equilibrio stellare Equazioni dell'equilibrio stellare. Conservazione della massa. Espressione e significato fisico del coefficiente di generazione di energia gravitazionale. Conservazione dell'energia. Equilibrio idrostatico. Trasporto energetico. Energetica dei neutrini. Trattamento degli strati atmosferici. Equazioni dell'equilibrio stellare in forma adimensionale. Nascita delle stelle e prime fasi evolutive Il teorema del Viriale. Il criterio di Jeans per il collasso. La massa di Jeans. Frammentazione gerarchica. Cooling radiativo. Collasso isoterma. Collasso adiabatico. Dischi di accrescimento e struttura del disco. Bilancio energetico durante la fase di accrescimento. Struttura di protostella. La teoria di Hayashi della pre-sequenza. linee di Hayashi e loro significato fisico. Stratificazione di entropia in stelle radiative e convettive. Tracce evolutive classiche di pre-sequenza nel diagramma HR. Il tempo-scala di Kelvin-Helmoltz. Il modello di Palla& Stahler. Accrescimento. Evoluzione del core in equilibrio idrostatico. La relazione Massa-Raggio. La "birthline". La fusione del Litio in pre-sequenza. Il Litio nelle stelle di associazioni stellari giovani. Il limite di massa per la fusione dell'idrogeno. Brown dwarfse pianeti giganti. Ruolo della degenerazione elettronica. Il "Disk-locking" e il frenamento magnetico. La combustione di idrogeno Sequenze principali (MS) di ammassi aperti e globulari. Relazione

Massa - Luminosità per stelle di MS. Forma della ZAMS. Limite inferiore e superiore per le masse di stelle di MS. Struttura delle stelle di MS al variare della massa: estensione delle zone convettive e radiative. Limite in massa per la combustione pp e CNO. Ruolo dell'idrogeno molecolare nella morfologia della ZAMS. Sequenze principali osservate in ammassi globulari e aperti : interpretazione. Tracce evolutive di stelle di sequenza principale. Incertezze teoriche sull'evoluzione delle stelle di MS: overshooting dal core, gradiente di temperatura in involucri convettivi. La fase di gigante rossa (KW – caps.30.5 e 32; articolo-review di M.Salaris) Evoluzione post-MS. Espansione in gigante. Il limite di Schonberg -Chandrasekhar. Degenerazione del core di elio nei modelli di piccola massa. Primo dredge-up: cause e effetti. Estensione dell'involucro convettivo delle stelle al variare della temperatura effettiva. Bump delle giganti. Funzioni di luminosità di ammassi stellari. Evoluzione di stelle di piccola massa fino al tip delle giganti. Il ruolo della shell CNO. Relazione Luminosità – Massa di core per le stelle di piccola massa. Il ruolo dei neutrini per la determinazione del picco di temperatura. Flash dell'elio. Termodinamica del flash. Il ruolo della degenerazione elettronica. Mini-flash. Confronto tra strutture termodinamiche pre- e post- flash. Evoluzione di ramo orizzontale: escursione delle tracce evolutive verso il blu e il rosso. Il ruolo dell'elio. Interpretazione dei rami orizzontali degli ammassi globulari: ruolo di età e perdita di massa . Combustione di elio in stelle non degeneri. "Blue loop" nel diagramma HR. Evoluzione di ramo asintotico (KW –cap.33) Secondo dredge-up. Degenerazione del core CO. Doppia shell di combustione nucleare. Instabilità del pulso termico. Evoluzione in ramo asintotico. Relazione Luminosità –Massa di core per stelle AGB. "Hot Bottom Burning" e Terzo dredge-up. Stelle ricche di litio. Stelle al Carbonio.Variazione della chimica superficiale di stelle AGB al variare della massa. Evoluzione super-AGB: flame convettivo e formazione di un core di Ossigeno e Neon. Polvere da stelle di ramo asintotico. Interpretazione dei diagrammi osservativi di popolazioni stellari evolute nelle Nubi di Magellano. Le Nane bianche (KW –cap.35) Ultime fasi di evoluzione di stelle di piccola massa o di massa intermedia. Lo stadio di nebulosa planetaria. Teoria di Chandrasekhar per le stelle nane bianche. Proprietà strutturali delle nane: relazione Massa-Raggio. Bilancio energetico di nane bianche. Luminosità delle Nane bianche. Teoria del raffreddamento (cooling). Stelle variabili (KW –cap.39; BV3 –cap.18) Variabilità stellare: introduzione storica. Oscillazioni radiali. Periodo di propagazione di una perturbazione acustica. Il confronto tra stelle variabili e macchine termiche. Meccanismi β e k per la produzione del "driving". Il ruolo della dipendenza dell'opacità dalla temperatura. Zone di ionizzazione parziale di idrogeno ed elio come motori della variabilità stellare. Distribuzione delle stelle variabili nel diagramma HR, e relativa interpretazione. Strisce di instabilità. Variabili Cefeidi e RR Lyrae: stadio evolutivo, e relazioni Periodo -Luminosità. Gli Ammassi stellari Distribuzione spaziale e proprietà degli ammassi globulari della Via Lattea. Distribuzione di stelle di ammassi stellari nel piano colore-magnitudine. Differenze tra ammassi aperti e globulari. Metodo del fitting delle isocrone: la magnitudine del Turn-off come indicatore di distanza e di età. Reddening ed estinzione. Impatto della metallicità sul colore della sequenza principale degli ammassi di stelle. Interpretazione dei rami orizzontali degli Ammassi Globulari. Anomalie chimiche delle stelle di ammassi globulari. Anticorrelazioni ossigeno-sodio e magnesio-alluminio. Evidenze fotometriche della presenza di una o più componenti arricchite in elio. Lo scenario AGB per la formazione di popolazioni multiple negli ammassi globulari. Evoluzione di stelle massicce(KW –cap.34) Stadi evolutivi terminali di stelle massicce: stelle LBV e Wolf-Rayet. Supernovae: osservazioni. Supernovae di tipo Ia, Ib, Ic e II. Fasi evolutive post combustione di carbonio: formazione di un "iron core". Collasso del core. Fotodisintegrazione del core. Meccanismi esplosivi.

Testi

Titolo: Stellar structure and evolution Autori: Kippenhahn, Weigert Springer-Verlag 1990 Titolo: Introduction to stellar Astrophysics (vol. 2) Autrice: E. Bohm-Vitense Cambridge University Press 1992 Titolo: Introduction to stellar Astrophysics (vol. 3) Autrice: E. Bohm-Vitense Cambridge University Press 1992

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali di due ore. In ciascuna lezione si affronta un argomento inerente la struttura delle stelle, le proprietà dei plasmi stellari e i campi di applicazione allo studio delle popolazioni stellari. Gli studenti vengono sollecitati con domande che si agganciano ad argomenti trattati nelle lezioni precedenti, in modo da stimolare una visione globale dell'astrofisica stellare.

Modalità di valutazione

La valutazione avviene tramite una prova orale. Durante la prova, che tipicamente dura 40 minuti, lo studente è invitato a trattare tre argomenti diversi, relativi alle proprietà delle stelle e delle popolazioni stellari.

English

Prerequisites

none

Programme

Stellar Observations Magnitude of a star. Brightness intensity. Apparent and relative magnitude. Black body spectrum. Wien and Stefan-Boltzmann laws. The colors of stars. Optical Depth. Radiation transport equation. Eddington-Barbier approximation. Gray atmosphere. Definition of photosphere and effective temperature. Hertzsprung-Russell and Color-Magnitude diagrams. Stellar spectra. Saha and Boltzman equations. Hydrogen lines. Balmer's discontinuity. Spectral Types. Radiation and opacity transport. Electromagnetic radiation. Relation between energy radial flux and temperature gradient. Opacity and free path of photons. Rosseland's average opacity coefficient. Photon absorption mechanisms: bound-bound, , bound-free, and free-free. Kramer's opacity. Thomson scattering. Electronic conduction. Relative importance of the various types of opacity in the density-temperature plane. Convection in the stars. Convective instability. Schwarzschild and Ledoux criteria for convective instability. Main causes for establishing convective instability. Convection efficiency. The "Mixing Length Theory" and the free parameter alpha. Convection-related uncertainties. Free parameter calibration. Problems related to turbulence and non-local nature of convection. State equation Equation of state for stellar interiors. Ideal gas and radiation pressures. Electron degeneracy. The role of the Pauli Principle. The Fermi momentum. Partial and complete degeneracy. Equation of state for degenerate gas in the relativistic and non-relativistic case. Crystallization. Neutronization. Relative importance of the various types of pressure in the density-temperature plane. Generation of nuclear energy Nuclear reactions. Mass defect. Tunnel effect. Resonances. Cross sections. Rate of nuclear reactions. Nuclear energy generation coefficient. Gamow Peak. Functional dependence of the rate of nuclear reactions on the temperature. Electrons screening. The proton-proton chain. The CNO cycle and the relative equilibrium. The 3α reactions. The equations of stellar structure Equilibrium equations of the star. Mass Conservation. Expression and physical significance of the gravitational energy generation coefficient. Energy conservation. Hydrostatic balance. Energy transport. Neutrinos energy. Treatment of atmospheric layers. Stellar structure equations in adimensional form. The birth of the stars and early evolutionary phases The Virial theorem. Jeans criterion for collapse. The Jeans mass. Hierarchical fragmentation. Radiative cooling. Isothermal and adiabatic collapse. Accretion disks and disk structure. Energy balance during the accretion phase. Protostars. Hayashi theory for pre-main sequence stars. Hayashi lines and their physical meaning. Stratification of entropy into radiative

and convective stars. Pre-main sequence evolutionary tracks in the HR diagram. The Kelvin-Helmoltz time scale. The Palla & Stahler model. Evolution of the core in hydrostatic equilibrium. The "birthline". Pre main sequence lithium burning. Lithium in stars belonging to young associations. The mass limit for the ignition of hydrogen burning. Brown dwarfs and giant planets. The role of electronic degeneracy. "Disk-locking" and magnetic braking. Core hydrogen burning Main sequences (MS) of open and globular clusters. Mass-Luminosity relation for MS stars. The shape of the Zero Age Main Sequence (ZAMS). Lower and upper limit for the mass of MS stars. Structure of MS stars of different mass: the extension of convective and radiative zones. Mass limit for proton - proton and CNO burning. The role of the formation of molecular hydrogen in the external regions of the stars on the ZAMS Morphology. Main sequences observed in globular and open clusters: interpretation. Evolutionary tracks of main sequence stars. Theoretical uncertainties about the evolution of MS stars: overshooting from the core, temperature gradient in convective envelopes. The red giant stage Post-MS evolution. Giant expansion. The Schonberg-Chandrasekhar instability. Degeneracy of the helium core in low mass models. First dredge-up: causes and effects. Extension of the convective envelope of the stars according to the effective temperature. Luminosity functions. Bump of the luminosity function during the giant phase. Evolution of low-mass stars up to the red giant tip. The role of the CNO shell. Core mass - luminosity relationship for low-mass stars. The role of neutrinos for the determination of the temperature peak. Helium Flash. Flash thermodynamics. The role of electron degeneracy. Mini-flash episodes. Comparison of pre- and post-flash thermodynamic structures. Horizontal branch evolution: evolutionary tracks towards the blue and the red side of the HR diagram. The role of helium. Interpretation of the horizontal branches of globular clusters: the role of age and mass loss. Helium burning in non degenerate stars. "Blue loop" in the HR diagram. Asymptotic branch evolution Second dredge-up. Degeneracy of carbon and oxygen core. Double shell nuclear burning. Thermal instability of the thermal pulse. Asymptotic Giant branch evolution. Luminosity - core mass relationship for AGB Stars. "Hot Bottom Burning" and Third Dredge-up. Lithium-rich stars. Carbon stars. Changes in the surface chemistry of AGB stars of different mass. Super-AGB evolution: Convective flame and the formation of a core of Oxygen and Neon. Dust production during the asymptotic giant branch phase. Interpretation of the observational diagrams of evolved stellar populations in the Magellanic Clouds. White dwarf Late stages of evolution of stars of small or intermediate mass. The Planetary Nebula evolution. Chandrasekhar's theory for white dwarf stars. Structural properties of white dwarfs: mass-radius relationship. Energy balance of white dwarfs. Luminosity of White Dwarfs. Cooling theory. Variable stars Stellar variability: historical introduction. Radial oscillations. Period of propagation of an acoustic perturbation. The comparison between variable stars and thermal machines. Mechanisms β and k for the production of the 'driving' mechanism of pulsations. Hydrogen and helium partial ionization zones as drivers of star variability. Distribution of variable stars in the HR diagram, and its interpretation. Strips of instability. Cepheid and RR Lyrae Variables: Evolutionary Stage, and Period-Luminosity relationships. Stellar clusters The spatial distribution of stellar clusters across the Milky Way. Distribution of stars in clusters in the color-magnitude plane. Differences between open and globular clusters. The isochrone fitting method: turn-off magnitude as distance and age indicator. Reddening and extinction. Impact of metallicity on the color of the main sequence of star clusters. Interpretation of the horizontal branches of globular clusters. Chemical anomalies in globular clusters stars. Oxygen-sodium and magnesium-aluminum anti-correlations. Photometric evidence of the presence of one or more stellar components enriched in helium. The AGB scenario for the formation of multiple populations in globular clusters. Massive stars evolution The final stages of the evolution of massive stars: LBV and Wolf-Rayet stars. Supernovae: Supernovae observations of types Ia, Ib, Ic and II. Post-carbon evolutionary phases: formation of a degenerate core. Collapse of the core. Core photo-disintegration .Explosive Mechanisms.

Reference books

Title: Stellar structure and evolution Authors: Kippenhahn, Weigert Springer-Verlag 1990 Title: Introduction to stellar Astrophysics (vol. 2) Author: E. Bohm-Vitense Cambridge University Press 1992 Title: Introduction to stellar Astrophysics (vol. 3) Author: E. Bohm-Vitense Cambridge University Press 1992

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402211 - COMPLEMENTI DI METODI MATEMATICI DELLA FISICA

Canale:N0

Docente: FRANCESCHINI ROBERTO

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza dell'algebra lineare. Conoscenza ed esperienza pratica con un linguaggio di programmazione per computer.

Programma

Teoria dei Gruppi (CA) $SU(2)$ e $SU(3)$ La forma di Killing Algebre di Lie semplici Rappresentazioni Radici semplici e la matrice di Cartan Le algebre "classiche" Le algebre "eccezionali" Operatore di Casimir e la formula di Freudenthal Il gruppo di Weyl La formula della dimensione di Weyl Riduzione del prodotto di rappresentazioni Sub-algebre Regole di decomposizione Metodi Numerici Probabilità e variabili random Richiami su Misure, incertezze e loro propagazione Richiami su Fit di una curva, minimi quadrati, ottimizzazione Integrazione numerica classica, velocità di convergenza Integrazione MC, media e varianza Strategie di campionamento Applicazioni Propagazione delle incertezze Note Generazione di dati secondo una distribuzione Corrispondenza tra argomenti e sezioni dei libri su <http://webusers.fis.uniroma3.it/franceschini/cmm.html>

Testi

Robert Cahn - Semi-Simple Lie Algebras and Their Representations - Dover Publications 2014 (disponibile presso Roma TRE BAST Sede Centrale e presso la pagina dell'autore) Weinzierl, S. - Introduction to Monte Carlo methods arXiv:hep-ph/0006269 Taylor, J. - An introduction to error analysis - University Science Books Sausalito, California Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre Dubi, A. - Monte Carlo applications in systems engineering - Wiley Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre materiale fornito a lezione ed elencato sul web <http://webusers.fis.uniroma3.it/franceschini/cmm.html>

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali in aula e in laboratorio di calcolo. Esercitazioni in aula, in laboratorio di calcolo e a casa.

Modalità di valutazione

L'esame prevede una prova scritta e una prova orale. Durante la prova scritta si richiede di scrivere un programma per computer per risolvere un problema di teoria dei gruppi o di metodi numerici tra quelli in programma. L'orale verte su tutto il programma svolto a lezione e su una tesina. Nell'esame orale si richiede di enunciare e dimostrare proprietà delle algebre di Lie e loro rappresentazioni, come illustrate a lezione, o di esporre un metodo numerico tra quelli in programma descrivendone finalità e proprietà. La tesina sarà su un argomento a scelta dello studente tra una rosa di proposte su argomenti inerenti la prima parte del corso (teoria dei gruppi) o la seconda parte del corso (metodi numerici). Gli argomenti possibili per la tesina sono pubblicati ogni anno su <http://webusers.fis.uniroma3.it/franceschini/cmm.html>

English

Prerequisites

Linear algebra. Knowledge and some experience with any computer programming language.

Programme

Group Theory (CA) SU(2) and SU(3) The Killing Form Simple Lie Algebras Representations Simple Roots and the Cartan Matrix The Classical Lie Algebras The Exceptional Lie Algebras Casimir Operators and Freudenthal's Formula The Weyl Group Weyl's Dimension Formula Reducing Product Representations Subalgebras Branching Rules Numerical Methods Refresh on Probability and Random variables Refresh on Measurement, uncertainty and its propagation Refresh on Curve-fitting, least-squares, optimization Classical numerical integration, speed of convergence Integration MC (Mean, variance) Sampling Strategies Applications Propagation of uncertainties Generation according to a distribution Sections of the textbooks for each topic are listed on <http://webusers.fis.uniroma3.it/franceschini/cmm.html>

Reference books

Robert Cahn - Semi-Simple Lie Algebras and Their Representations - Dover Publications 2014 (available at Roma TRE BAST Sede Centrale and from the author's web page) Weinzierl, S. - Introduction to Monte Carlo methods arXiv:hep-ph/0006269 Taylor, J. - An introduction to error analysis - University Science Books Sausalito, California Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre Dubi, A. - Monte Carlo applications in systems engineering - Wiley Disponibile nella biblioteca Scientifica di Roma Tre readings supplied during class and listed on the web <http://webusers.fis.uniroma3.it/franceschini/cmm.html>

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410506 - COSMOLOGIA

Docente: MAGLIOCCHETTI Manuela

Italiano

Prerequisiti

Corso di elementi di Relatività Generale, Astrofisica e Cosmologia

Programma

60 ore frontali •Brevi richiami di relatività generale ed equazione di Einstein •Metrica di Robertson-Walker •Legge di Hubble e Hubble tension •Redshift •Distanze cosmologiche •La costante cosmologica •Modelli di Friedmann e di Einstein-de Sitter •Storia Termica dell'Universo •Cosmic Microwave Background (CMB) •Teoria di Jeans per Instabilità Gravitazionale •Applicazione della teoria di Jeans in Cosmologia: evoluzione lineare •Formazione di Strutture I: caso solo barioni •Formazione di Strutture II: caso con anche materia non barionica •Spettro delle perturbazioni, filtri e funzioni di trasferimento •Funzioni di covarianza •Teoria ed osservazioni legate alla teoria lineare: fluttuazioni del CMB •Evoluzione non-lineare delle perturbazioni •Struttura a grande scala dell'Universo: analisi statistiche della distribuzione di galassie •Strutture virializzate: la teoria di Press e Schechter e sua estensione •Materia luminosa e materia oscura: il problema del bias. •Cenni su missioni cosmologiche presenti e future: Euclid •Cenni su radio sorgenti extra-galattiche Completamento delle 64 ore: studio dell'articolo "Hosts and Environments: a (large-scale) radio history of AGN and star-forming galaxies" (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00159-022-00142-1>)

Testi

Testi principali: - Cosmology: The Origin and Evolution of Cosmic Structure by P. Coles and F. Lucchin - Structure Formation in the Universe by T. Padhmanaban Testi consigliati: - Cosmological Physics by J.A. Peacock - The Large Scale Structure of the Universe by P.J.E. Peebles

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso si compone di una serie lezioni a didattica frontale

Modalità di valutazione

L'esame consistera' nella discussione di un capitolo a scelta dell'articolo sopracitato per poi proseguire con domande su tutto il programma trattato a lezione

English

Prerequisites

Course on Elements of General Relativity, Astrophysics and Cosmology

Programme

60 hours of lectures •Brief introduction to general relativity and Einstein's equation •Robertson-Walker metric •Hubble's Law and Hubble Tension •Redshift •Cosmological distances •The cosmological constant •Friedmann and Einstein-de Sitter models •Thermal History of the Universe •Cosmic Microwave Background (CMB) •Jeans' Theory for Gravitational Instability •Application of Jeans' theory in Cosmology: linear evolution •Formation of Structures I: case only baryons •Formation of Structures II: case with also non-baryonic matter •Perturbation spectrum, filters, and transfer functions •Covariance functions •Linear theory and observations: CMB fluctuations •Non-linear evolution of perturbations •Large-scale structure of the Universe: statistical analysis of the distribution of galaxies •Virialized structures: the theory of Press and Schechter and its extension •Light matter and dark matter: the bias problem. •Notes on present and future cosmological missions: Euclid •Introduction to extra-galactic radio sources 64-hour completion: article study "Hosts and Environments: a (large-scale) radio history of AGN and star-forming galaxies" (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00159-022-00142-1>)

Reference books

Main texts: - Cosmology: The Origin and Evolution of Cosmic Structure by P. Coles and F. Lucchin - Structure Formation in the Universe by T. Padmanabhan Recommended texts: - Cosmological Physics by J.A. Peacock - The Large Scale Structure of the Universe by P.J.E. Peebles

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402143 - COSMOLOGIA

Canale:N0

Docente: MAGLIOCCHETTI Manuela

Italiano

Prerequisiti

Corso di elementi di Relativita' Generale, Astrofisica e Cosmologia

Programma

50 ore frontali •Brevi richiami di relativita' generale ed equazione di Einstein •Metrica di Robertson-Walker •Legge di Hubble e Hubble tension •Redshift •Distanze cosmologiche •La costante cosmologica •Modelli di Friedmann e di Einstein-de Sitter •Cosmic Microwave Background •Teoria di Jeans per Instabilita' Gravitazionale •Applicazione della teoria di Jeans in Cosmologia: evoluzione lineare •Formazione di Strutture I: caso solo barioni •Formazione di Strutture II: caso con anche materia non barionica •Spettro delle perturbazioni, filtri e funzioni di trasferimento •Funzioni di covarianza •Teoria ed osservazioni legate alla teoria lineare: fluttuazioni del CMB •Struttura a grande scala dell'Universo: analisi statistiche della distribuzione di galassie •Evoluzione non-lineare delle perturbazioni •Strutture virializzate: la teoria di Press e Schechter e sua estensione •Materia luminosa e materia oscura: il problema del bias. •La missione Euclid •Cenni su radio sorgenti extragalattiche Completamento delle 64 ore: studio dell'articolo "Hosts and Environments: a (large-scale) radio history of AGN and star-forming galaxies" (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00159-022-00142-1>)

Testi

Coles P., Lucchin F. Cosmology [Wiley 2000] - Testo primario Peacock J. Physical Cosmology. Cambridge Univ.Press Padmanabhan t: structure formation in the universe, cambridge university press "Cosmology" di Weinberg (Oxford University Press) Vari articoli di rivista forniti dal docente durante il corso.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso si compone di una serie lezioni a didattica frontale, integrato da approfondimenti di carattere monografico nel caso di curriculum in astrofisica e cosmologia.

Modalità di valutazione

L'esame consistera' nella discussione di un capitolo a scelta dell'articolo "Hosts and Environments: a (large-scale) radio history of AGN and star-forming galaxies" (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00159-022-00142-1>) per poi proseguire con domande su tutto il programma trattato a lezione

English

Prerequisites

Course on elements of General Relativity, Astrophysics and Cosmology

Programme

50 hours in front •Brief references to general relativity and Einstein's equation •Robertson-Walker metric •Hubble's law and Hubble tension •Redshift •Cosmological distances •The cosmological constant •Friedmann and Einstein-de Sitter models •Cosmic Microwave Background •Jeans theory for gravitational instability •Application of Jeans theory in Cosmology: linear evolution •Formation of Structures I: case only baryons •Formation of Structures II: case with also non-baryonic matter •Perturbation spectrum, filters and transfer functions •Covariance functions •Theory and observations related to linear theory: CMB fluctuations •Large-scale structure of the Universe: statistical analysis of the distribution of galaxies •Non-linear evolution of perturbations •Virialized structures: the theory of Press and Schechter and its extension •Light matter and dark matter: the problem of bias. •The Euclid mission •Notes on extragalactic radio sources Completion of the 64 hours: study of the article "Hosts and Environments: a (large-scale) radio history of AGN and star-forming galaxies" (<https://link.springer.com/article/10.1007/s00159-022-00142-1>)

Reference books

Coles P., Lucchin F. Cosmology [Wiley 2000] - Testo primario Peacock J. Physical Cosmology. Cambridge Univ.Press Padmanabhan t: structure formation in the universe, cambridge university press "Cosmology" di Weinberg (Oxford University Press) A number of scientific papers provided by the teacher during the course.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410503 - DIDATTICA DELLA MATEMATICA

Docente: MAGRONE PAOLA

Italiano

Prerequisiti

Contenuti di qualunque corso di primo anno di matematica di base (istituzioni di matematiche, analisi uno...)

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

ANA MILLÁN GASCA, All'inizio fu lo scriba, Mimesis, 2004 GIORGIO ISRAEL, ANA MILLÁN GASCA, Pensare in matematica, Zanichelli, 2012. 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

Modalità erogazione

Lezioni frontali e sessioni laboratoriali. 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

The contents of a Calculus course

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 indications.

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

ANA MILLÁN GASCA, All'inizio fu lo scriba, Mimesis, 2004 GIORGIO ISRAEL, ANA MILLÁN GASCA, Pensare in matematica, Zanichelli, 2012. 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

Study modes

-

Exam modes

-

20410580 - 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

Dispense del corso

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

Course handouts

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410580 - 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 "Communcating 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

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410086 - ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA

Docente: MENCI Nicola

Italiano

Prerequisiti

fondamenti di relatività speciale e generale

Programma

- principio cosmologico e metrica di Robertson-Walker. - equazioni di Friedmann - il modello cosmologico standard - Redshift, distanze e orizzonti cosmologici. - parametri cosmologici fondamentali e loro determinazioni sperimentali. - tests cosmologici classici: test di Hubble, test del diametro angolare, test dei conteggi. - costante cosmologica. - fluidi cosmici e loro equazione di stato. - storia termica dell'universo. disaccoppiamento, ricombinazione. - asimmetria materia-antimateria. - oltre il modello standard: paradosso degli orizzonti e della piatezza, soluzione inflazionaria, cenni alla teoria dell'inflazione cosmologica. - materia oscura. - breve storia dell'universo: era adronica, era leptonica, era radiativa.. - nucleosintesi cosmologica. - era della materia, reionizzazione. - fondo cosmico a microonde - instabilità gravitazionale alla jeans - evoluzione delle strutture cosmiche: - spettro di perturbazioni di densità, evoluzione lineare e non lineare del campo di densità - collasso sferico e teoria di Press & Schechter - cenni di sugli approcci numerici alla formazione delle strutture: simulazioni n-corpi - processi legati alla formazione delle galassie - cenni a problemi aperti nel campo della formazione delle strutture

Testi

Coles P., Lucchin F. Cosmology [Wiley 2000] Peebles P.J.E. 1993. Principles of Physical Cosmology [Princeton Series in Physics 1993]

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

lezioni a didattica frontale

Modalità di valutazione

L'esame si svolge in forma orale Le domande riguardano tutti gli argomenti del corso.

English

Prerequisites

foundations of special and general relativity

Programme

- Cosmological Principle And Robertson-Walker Metric - Friedmann Equations - The Standard Cosmological Model - Redshift, Cosmological Distances And Cosmological Horizons - Cosmological Parameters And Their Measurement - Classical Cosmological Tests: Hubble Test, Angular Diameter Test, Counts - Cosmological Constant - Cosmic Fluids And Their Equation Of State - Thermal History Of The Universe: Decoupling, Recombination - Matter-Antimatter Asymmetry - Beyond Standard Model: Horizon And Flatness Paradoxes, Introduction To Cosmic Inflation - Dark Matter - Brief History Of The Universe - Cosmological Nucleosynthesis - Matter Dominated Era, Reionization. - Cosmic Microwave Background - Jeans Theory Of Gravitational Instability - Evolution Of Cosmic Structures - Spectrum Of Density Perturbations. Linear And Non-Linear Evolution Of The Cosmic Density Field - Spherical Collapse And Press & Schechter Theory - Introduction To Numerical Approaches To Structure Formation: N-Body Simulations - Key Processes In Galaxy Formation - Introduction To Open Problems In Structure Formation

Reference books

Coles P., Lucchin F. Cosmology [Wiley 2000] Peebles P.J.E. 1993. Principles of Physical Cosmology [Princeton Series in Physics 1993]

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410086 - ELEMENTI DI RELATIVITA' GENERALE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA

Docente: FRANZIA DARIO

Italiano

Prerequisiti

Relatività Speciale. Elettromagnetismo.

Programma

§I. Introduzione: inerzia e covarianza Relatività Galileiana e Relatività Speciale. Il principio di equivalenza. Motivazioni per la covarianza generale. Sistemi inerziali locali. §II. Spaziotempo dinamico: fondamenti della Relatività Generale Coordinate curvilinee. Vettori e tensori sotto trasformazioni generali di coordinate. Trasporto parallelo e simboli di Christoffel. Derivate covarianti e compatibilità metrica. Vettori covariantemente conservati e densità vettoriali conservate. Trasformazione dei simboli di Christoffel. Il teorema di Ricci. Geodetiche e loro limite newtoniano. Curve tipo-spazio, tipo-tempo e tipo-luce. Coordinate normali e sistemi inerziali locali. Derivazione covariante lungo una curva. Tensore di curvatura di Riemann. Proprietà algebriche. Identità Bianchi. Sistemi inerziali locali. Caratterizzazione degli spazi piatti. Deviazione geodetica. Azione di Einstein-Hilbert ed equazioni del moto. L'identità di Palatini. Costante cosmologica. Accoppiamento a materia non dinamica: identità di Bianchi contratta, tensore energia impulso della materia e conservazione covariante. Accoppiamento minimale a campi scalari ed elettromagnetici. §III. Approssimazione lineare e onde gravitazionali Motivazioni. Fluttuazioni dello spazio-tempo piatto: tensore di Riemann linearizzato e sua invarianza di gauge abeliana. Equazioni del moto: gauge di de Donder e onde gravitazionali. Confronto con la teoria di Maxwell. §IV. Isometrie e spazi massimamente simmetrici Simmetrie di tensori: invarianza di forma. Equazioni di Killing. Condizione di integrabilità e numero massimo di isometrie. La derivata di Lie. Vettori di Killing e leggi di conservazione. L'esempio dello spazio di Minkowski. Isometrie traslazionali. §V. La soluzione di Schwarzschild Metrica di Schwarzschild. Simmetria sferica e teorema di Birkhoff (senza dimostrazione). Vettori di Killing della metrica di Schwarzschild. Redshift gravitazionale.

Testi

- Susskind L, Cabannes - Relatività Generale, (Raffaello Cortina Editore, 2024) - Rovelli C, Relatività Generale, (Adelphi, 2021).

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali alla lavagna

Modalità di valutazione

Prove in itinere: due esoneri con domande a risposta aperta. Gli esoneri simulano in forma scritta lo svolgimento di un esame orale. Le domande sono formulate per punti, così da consentire agli studenti di sviluppare la loro risposta anche in assenza del feedback del docente. Vengono aggiunte domande segnalate come opzionali pensate per consentire per gli studenti di migliorare il livello degli elaborati. La valutazione dei compiti prevede una griglia di punteggio assegnata ad ogni punto, ma resta libera la discrezione del docente di valutare aspetti complessivi degli elaborati quali la padronanza complessiva della materia, la coerenza e la completezza del discorso e così via. Con la sufficienza ad entrambi gli esoneri si è esentati dalla prova orale. Esami orali: una domanda relativa al Modulo A

English

Prerequisites

Special Relativity. Electromagnetism.

Programme

§I. Introduction: inertia and covariance Galilean Relativity and Special Relativity. The Equivalence Principle. Motivations for general covariance. Local inertial frames. §II. Dynamical spacetime: basics of General Relativity Curvilinear coordinates. Vectors and tensors under general coordinate transformations. Parallel transport and Christoffel symbols. Covariant derivatives and metric compatibility. Covariantly conserved vectors and conserved vector densities. Transformation of the Christoffel symbols. Ricci's theorem. Geodesics and their Newtonian limit. Time-like, null and space-like curves. Normal coordinates and local inertial frames. Covariant derivation along curves. Riemann curvature tensor. Algebraic properties. Bianchi identities. Local inertial frames. Characterisation of flat spaces. Geodesic deviation. Einstein-Hilbert action and equations of motion. The Palatini identity. Non-dynamical sources: contracted Bianchi identity, matter energy-momentum tensor and covariant conservation. Minimal coupling to scalar fields and to Maxwell fields. §III. Linear approximation and gravitational waves Motivations. Weak fluctuations over flat space-time: linearised Riemann tensor and its abelian gauge invariance. Equations of motion: de Donder gauge and gravitational waves. Comparing to Maxwell's theory. §IV. Isometries and maximally symmetric spaces Symmetries of tensors: form-invariance. Killing equations. Integrability condition and maximal number of isometries. The Lie derivative. Killing vectors and conservation laws. The example of Minkowski space. Translational isometries. §V. Basics of the Schwarzschild solution Schwarzschild metric. Spherical symmetry and Birkhoff's theorem (without proof). Killing vectors of

Schwarzschild's metric. Gravitational redshift.

Reference books

-Carroll S Spacetime and Geometry: An Introduction to General Relativity (Addison-Wesley 2014/Cambridge University Press, 2019)
-Dirac P A M General Theory of Relativity (Princeton University Press, 1996) -Hartle S Gravity: An Introduction to Einstein's General Relativity (Cambridge University Press, 2021) -Rovelli C, General Relativity - the Essentials, (Cambridge University Press, 2021).
-Weinberg S, Gravitation and Cosmology - principles and applications of the general theory of relativity, (John Wiley & Sons, 1972).

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410585 - FISICA DEI LIQUIDI E DELLA MATERIA SOFFICE

Docente: GALLO PAOLA

Italiano

Prerequisiti

Nessun prerequisito

Programma

1 - Richiami di Termodinamica e Meccanica Statistica. Funzioni termodinamiche estensive ed intensive. Condizioni di equilibrio. Trasformate di Legendre e potenziali termodinamici. Condizioni di stabilità delle fasi. Transizioni di fase e loro classificazione. Equazione di Van der Waals. Richiami della teoria degli ensembles statistici. Fluttuazioni. 2 - Forze fra atomi e ordine a corto raggio. Caratterizzazione dello stato liquido della materia. Caratterizzazione dei materiali soffici. Forze fra atomi e potenziali efficaci. Funzioni di distribuzione nel canonico e nel gran canonico. Funzione di distribuzione radiale e relazione con la termodinamica. Il fattore di struttura statico. Misura della struttura di un liquido con tecniche di scattering di raggi X e di neutroni. Fattori di struttura e funzioni di distribuzione radiale di miscele liquide e liquidi molecolari. Teoria del funzionale densità classico. Equazione di Ornstein-Zernike. Relazioni di chiusura per il funzionale di densità. 3 - Simulazione numerica di material liquida e sofficie Metodi di simulazione stocastici e deterministici. Metodo della Dinamica Molecolare. Algoritmi alla Verlet. Dinamica molecolare a temperatura e a pressione costante. Il metodo di simulazione Monte Carlo. Simulazione Monte Carlo in diversi ensemble. Metodi di simulazione di equilibrio delle fasi. Applicazione dei metodi Monte Carlo e Dinamica Molecolare ai liquidi complessi e ai materiali soffici. 4 - Dinamica dei liquidi e della materia sofficie Funzioni di correlazione dipendenti dal tempo. Diffusione anelastica dei neutroni e misura del fattore di struttura dinamico. Funzioni di correlazione di Van Hove. Principio del bilancio dettagliato. Teoria della risposta lineare. Funzione risposta. Teorema di fluttuazione-dissipazione. Diffusione delle particelle. Coefficiente di diffusione. Funzione di correlazione delle velocità. Idrodinamica e modi collettivi. Scattering Brillouin. Funzioni memoria. 5 - Stati metastabili, liquidi sottoraffreddati e transizione vetrosa per liquidi e materiali soffici. Stabilità e metastabilità. Curva spinodale dall'equazione di Van der Waals. Fluttuazioni e andamenti delle funzioni di correlazione vicino al punto critico. Liquidi sottoraffreddati e transizione vetrosa. Diagramma di Angell. Entropia configurazionale e temperatura di Kauzmann. La dinamica lenta dei liquidi sottoraffreddati e della materia sofficie e la teoria di Mode Coupling.

Testi

J.P. Hansen and I.R. McDonald, Theory of Simple Liquids, seconda edizione, Academic Press. N. H. March and M. P. Tosi, Introduction to Liquid State Physics, World Scientific. P. G. Debenedetti, Metastable Liquids, Princeton University Press.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

La parte di esposizione delle teorie viene svolta alla lavagna per consentire agli studenti di comprendere gli sviluppi analitici necessari. In particolare viene mostrato come da modelli microscopici si possano ricavare risultati da confrontare con esperimenti. Vengono introdotti poi i metodi sperimentali che consentono di osservare le proprietà dei vati sistemi di interesse Per tale motivo in alcune fasi del corso le lezioni alla lavagna vengono integrate da presentazioni con proiezione di risultati sperimentali e/o ottenuti con simulazione al computer.

Modalità di valutazione

L'esame finale è in forma orale. Esso consiste di due parti. La prima è l' esposizione di un argomento a scelta dello studente fra quelli in programma. Questa parte consente di evidenziare quanto lo studente sappia approfondire un tema ed entrare nei dettagli sia della derivazione teorica sia della fenomenologia. Lo studente che si trova all'ultimo anno della laurea magistrale apprende in questo modo ad esporre l'argomento come si trattasse di un seminario, questo è utile per il suo futuro di laureando. La seconda parte dell'esame orale consiste in una domanda su altro argomento in programma. In questo caso lo studente può rispondere senza entrare in tutti i dettagli della derivazione dei risultati. Sapere esporre un argomento a grandi linee in modo comprensibile è anche importante nei diversi rami della Fisica.

English

Prerequisites

No previous knowledge

Programme

1 - Review of Thermodynamics and Statistical Mechanics. Extensive and intensive thermodynamic functions. Conditions of equilibrium. Legendre transforms and thermodynamic potentials. Phase stability conditions. Phase transitions and their classification. Van der Waals equation. Review of the theory of statistical ensembles. Fluctuations. 2 - Forces between atoms and short-range order. Characterization of the liquid state of matter. Characterization of soft materials. Forces between atoms and effective potentials. Distribution functions in the canon and the grand canon. Radial distribution function and relationship with thermodynamics. The static structure factor. Measurement of the structure of a liquid with X-ray and neutron scattering techniques. Structure factors and radial distribution functions of liquid and liquid molecular mixtures. Classic density functional theory. Ornstein-Zernike equation. Closing relations for the density functional. 3 - Numerical simulation of liquid and soft material Stochastic and deterministic simulation methods. Molecular Dynamics Method. Verlet-style algorithms. Molecular dynamics at constant temperature and pressure. The Monte Carlo simulation method. Monte Carlo simulation in different ensembles. Phase equilibrium simulation methods. Application of Monte Carlo and Molecular Dynamics methods to complex liquids and soft materials. 4 - Dynamics of liquids and soft matter Time-dependent correlation functions. Inelastic diffusion of neutrons and measurement of the dynamic structure factor. Van Hove correlation functions. Principle of the detailed budget. Linear response theory. Answer function. Fluctuation-dissipation theorem. Diffusion of particles. Diffusion coefficient. Speed correlation function. Hydrodynamics and collective modes. Scattering Brillouin. Memory functions. 5 - Metastable states, subcooled liquids and glass transition for liquids and soft materials. Stability and metastability. Spinodal curve from the Van der Waals equation. Fluctuations and trends of correlation functions near the critical point. Subcooled liquids and glass transition. Angell diagram. Configurational entropy and Kauzmann temperature. The slow dynamics of subcooled liquids and soft matter and the theory of Mode Coupling.

Reference books

J.P. Hansen and I.R. McDonald, Theory of Simple Liquids, seconda edizione, Academic Press. N. H. March and M. P. Tosi, Introduction to Liquid State Physics, World Scientific. P. G. Debenedetti, Metastable Liquids, Princeton University Press.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410098 - FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI

Canale: 1

Docente: CLAUDI Riccardo

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

1 Sistema Solare - Descrizione del Sistema Solare nel suo insieme, distribuzione di massa e di momento angolare, osservabili astrofisiche. - Descrizione delle osservabili planetologiche: caratteristiche dei pianeti, dei sistemi di satelliti, dei corpi minori del Sistema Solare - I pianeti terrestri: caratteristiche generali e processi evolutivi delle superfici planetarie. - I pianeti terrestri: storia termica, craterizzazione, vulcanismo, tettonica. Planetologia comparata. - Meteoriti e corpi minori: indizi per la formazione del Sistema Solare, cenni sulla datazione - I pianeti giganti - Satelliti planetari - Struttura interna dei pianeti, differenze tra pianeti terrestri e giganti, evoluzione - Atmosfere planetarie 2 Pianeti Extrasolari - Introduzione storica - Metodi indiretti per la scoperta dei pianeti Extrasolari - Metodi diretti per la scoperta dei pianeti Extrasolari - Caratteristiche dei pianeti Extrasolari - Fisica dei Pianeti Extrasolari - Caratterizzazione e risultati - Quale vita? - Abitabilità e zona abitabile - La ricerca della vita 3 Parte Comune - Cenni sulla Teoria della formazione planetaria

Testi

- non esiste un testo unico che tratti in modo completo gli argomenti del corso. Un testo consigliato è: Imke de Pater and Jack J. Lissauer, Planetary Sciences, Cambridge University Press. Durante il corso verranno suggeriti di volta in volta articoli scientifici di review. Materiali: - Slides del corso - Articoli scientifici

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni avvengono in aula in modo frontale utilizzando sia supporti digitali (proiezione di slide, corti filmati) sia supporti tradizionali (uso della lavagna) soprattutto nella spiegazione e svolgimento delle dimostrazioni. Durante lo svolgimento delle lezioni è incoraggiata la discussione su articoli scientifici inerenti agli argomenti di frontiera che vengono trattati nel corso.

Modalità di valutazione

L'esame si svolge in forma orale sulla base di tre domande aperte volte a comprendere la padronanza e la preparazione degli argomenti del corso. Inoltre, allo studente vengono forniti due articoli di revisione scientifica che lo studente deve studiare. Durante l'esame, lo studente dovrà esporre quello che viene estratto a sorte. La valutazione si basa sulla comprensione e padronanza dell'argomento e sulla proprietà del linguaggio con cui è esposto.

English

Prerequisites

none

Programme

1 Solar System Part - Overall description of the Solar System, mass and angular momentum distribution, astrophysical variables. - Overall description of planets, their main characteristics ; description of planetary satellites systems and of minor bodies of the Solar System. - Terrestrial planets: main characteristics and evolutive processes of planetary surfaces. - Terrestrial planets: thermal history, impact cratering processes, volcanism, tectonics. Comparative planetology. - Meteorites and minor bodies; radiometric dating and clues for the formation of the Solar System. - Giant planets - Planetary satellites - Internal structure of planets, different evolution of terrestrial and giant planets. - Planetary atmospheres 2 Extrasolar Planets Part - Historical Introduction - Exo planets Indirect discovery methods - Exo planets Direct discovery methods - Exo Planets Characteristics - Physics of extrasolar Planets - Characterization and results - Which Life? - Habitability and Habitable Zone - The search for life 3 Common Part - Introduction to the Planetary formation Theory

Reference books

- There is no official text of the course. A suggested text is the following: Imke de Pater and Jack J. Lissauer, Planetary Sciences, Cambridge University Press. During the course several scientific review papers will be suggested by the lecturers. Material - Course slides - Scientific papers

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410098 - FISICA DEI PIANETI DEL SISTEMA SOLARE ED ESOPIANETI

Canale:2

Docente: TOSI Federico

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

1 Sistema Solare - Descrizione del Sistema Solare nel suo insieme, distribuzione di massa e di momento angolare, osservabili astrofisiche. - Descrizione delle osservabili planetologiche: caratteristiche dei pianeti, dei sistemi di satelliti, dei corpi minori del Sistema Solare - I pianeti terrestri: caratteristiche generali e processi evolutivi delle superfici planetarie. - I pianeti terrestri: storia termica, craterizzazione, vulcanismo, tettonica. Planetologia comparata. - Meteoriti e corpi minori: indizi per la formazione del Sistema Solare, cenni sulla datazione - I pianeti giganti - Satelliti planetari - Struttura interna dei pianeti, differenze tra pianeti terrestri e giganti, evoluzione - Atmosfere planetarie 2 Pianeti Extrasolari - Introduzione storica - Metodi indiretti per la scoperta dei pianeti Extrasolari - Metodi diretti per la scoperta dei pianeti Extrasolari - Caratteristiche dei pianeti Extrasolari - Fisica dei Pianeti Extrasolari - Caratterizzazione e risultati - Quale vita? - Abitabilità e zona abitabile - La ricerca della vita 3 Parte Comune - Cenni sulla Teoria della formazione planetaria

Testi

- non esiste un testo unico che tratti in modo completo gli argomenti del corso. Un testo consigliato è: Imke de Pater and Jack J. Lissauer, Planetary Sciences, Cambridge University Press. Durante il corso verranno suggeriti di volta in volta articoli scientifici di review. Materiali: - Slides del corso - Articoli scientifici

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni avvengono in aula in modo frontale utilizzando sia supporti digitali (proiezione di slide, corti filmati) sia supporti tradizionali (uso della lavagna) soprattutto nella spiegazione e svolgimento delle dimostrazioni. Durante lo svolgimento delle lezioni è incoraggiata la discussione su articoli scientifici inerenti agli argomenti di frontiera che vengono trattati nel corso.

Modalità di valutazione

L'esame si svolge in forma orale sulla base di tre domande aperte volte a comprendere la padronanza e la preparazione degli argomenti del corso. Inoltre, allo studente vengono forniti due articoli di revisione scientifica che lo studente deve studiare. Durante l'esame, lo studente dovrà esporre quello che viene estratto a sorte. La valutazione si basa sulla comprensione e padronanza dell'argomento e sulla proprietà del linguaggio con cui è esposto.

English

Prerequisites

none

Programme

1 Solar System Part - Overall description of the Solar System, mass and angular momentum distribution, astrophysical variables. - Overall description of planets, their main characteristics ; description of planetary satellites systems and of minor bodies of the Solar System. - Terrestrial planets: main characteristics and evolutive processes of planetary surfaces. - Terrestrial planets: thermal history, impact cratering processes, volcanism, tectonics. Comparative planetology. - Meteorites and minor bodies; radiometric dating and clues

for the formation of the Solar System. - Giant planets - Planetary satellites - Internal structure of planets, different evolution of terrestrial and giant planets. - Planetary atmospheres 2 Extrasolar Planets Part - Historical Introduction - Exo planets Indirect discovery methods - Exo planets Direct discovery methods - Exo Planets Characteristics - Physics of extrasolar Planets - Characterization and results - Which Life? - Habitability and Habitable Zone - The search for life 3 Common Part - Introduction to the Planetary formation Theory

Reference books

- There is no official text of the course. A suggested text is the following: Imke de Pater and Jack J. Lissauer, Planetary Sciences, Cambridge University Press. During the course several scientific review papers will be suggested by the lecturers. Material - Course slides - Scientific papers

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410710 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture

Docente: DE SETA MONICA

Italiano

Prerequisiti

Fisica della Materia Condensata di base

Programma

Parte 1 Programma Struttura elettronica dei solidi. Richiami di calcolo a bande nei solidi. Bande di sistemi semiconduttori III-V e IV. Bande e superficie di Fermi dei metalli alcalini, metalli nobili, metalli semplici bivalenti e trivalenti; metalli di transizione. Approssimazione della massa efficace. Livelli di impurezza nei semiconduttori drogati. Eterogiunzioni e eterostrutture. Stati elettronici e densità degli stati nelle buche quantiche, nei fili quantici e nei punti quantici. Proprietà di trasporto Richiami del modello di Drude. Equazioni semiclassiche del moto. Equazione del trasporto di Boltzmann. Interazione elettrone - fonone. Approssimazione del tempo di rilassamento. Conduttività elettrica nell'approssimazione del tempo di rilassamento. Potere termoelettrico e conducibilità termica degli elettroni. Corrente di diffusione e di drift. Equazione di continuità e termini di generazione e ricombinazione nei semiconduttori. Tempo di ricombinazione e lunghezza di diffusione. Giunzione p-n in condizioni di non equilibrio. Proprietà ottiche Equazioni di Maxwell nei solidi. Costante dielettrica complessa e suo significato. Coefficiente di assorbimento e riflessione. Relazioni di Kramers Kronig. Oscillatore di Lorentz. Teoria di Drude delle proprietà ottiche di cariche libere. Oscillazioni di plasma. Modello classico per la costante dielettrica. Transizioni interbanda: transizioni dirette. Densità congiunta degli stati, punti critici. Funzione dielettrica del Ge e della grafite. Transizioni interbanda indirette. Effetti eccitonici. Assorbimento da fononi ottici Proprietà magnetiche della materia. Moto di elettroni liberi e di elettroni di Bloch in campo magnetico. Trattazione quantistica e livelli di Landau. Degenerazione e riempimento dei livelli di Landau in 3D e 2D. Magnetoresistenza. Suscettività magnetica. Paramagnetismo e diamagnetismo. Diamagnetismo di Larmor. Origine del momento magnetico atomico, regole di Hund. Effetti del campo cristallino nei solidi. Legge di Curie del paramagnetismo. Paramagnetismo di Van Vleck e di Pauli. Diamagnetismo di Landau. Teoria di campo medio del ferromagnetismo: modello di Weiss. Legge di Curie-Weiss. Anti-Ferromagnetismo. Interazione di scambio e modello di Heisenberg. Interpretazione microscopica del campo di Weiss. Interazione dipolare e domini magnetici. Parte 2 Programma Eterogiunzioni e eterostrutture. Giunzione metallo semiconduttore. Sistemi 2-, 1-, 0-dimensionali. Stati elettronici e densità degli stati. Gas di elettroni 2D: lunghezze caratteristiche per il trasporto in sistemi a bassa dimensionalità. Diodo tunnel Risonante. Interferenza delle funzioni d'onda ed effetto Aharonov-Bohm. Trasporto balistico e quantizzazione della conduttanza nei sistemi 1-dimensionali. Gas di elettroni 2D in campo magnetico: oscillazioni di Shubnikov-de-Haas e effetto Hall quantistico. Tunnelling di singolo elettrone e bloccaggio coulombiano. Transistor a singolo elettrone. Qubits a semiconduttore per quantum computing (cenni). Proprietà ottiche delle nanostrutture: transizioni interbanda e intersottobanda nelle buche quantiche. Emettitori di luce, coefficiente di guadagno. Laser a diodo, a eterostruttura, a cascata quantica (cenni)

Testi

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali. I dettagli dei calcoli matematici saranno eseguiti alla lavagna. Alcuni argomenti verranno illustrati proiettando delle diapositive e riportando come esempio casi presi dalla letteratura scientifica recente. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. In particolare si applicheranno le seguenti modalità: "lezioni a distanza in video conferenza tramite piattaforma Teams".

Modalità di valutazione

esame finale in forma orale. L'esame consiste in 2-3 domande sugli argomenti del corso. Si richiede allo studente di mostrare una autonoma capacità di inquadrare gli argomenti richiesti in un quadro generale, nonché di saper eseguire i calcoli matematici

English

Prerequisites

Basic condensed matter physics

Programme

Section 1 Program Electronic properties of solids Reminds on band structure calculation methods. Band structure of III-V and IV semiconductors. Band structures and Fermi surfaces of selected metals. Effective mass approximation. Impurity levels in doped semiconductors. Transport properties The Drude Model. Semiclassical equations of transport. Boltzmann equation. Electron phonon interaction. Relaxation time approximation. Electrical conductivity in the relaxation time approximation. Thermoelectric power and thermal conductivity. Drift and diffusion currents. Generation and recombination of electron-hole pairs in semiconductors. Continuity equation. Recombination times and diffusion length. Current voltage characteristics of the p-n junction. Optical properties Maxwell Equations in solids. Complex Dielectric Constant. Absorption and reflection coefficients. Kramers Kronig Relations. Lorentz Oscillator. The Drude theory of the optical properties of metals. Optical properties of semiconductors and insulators. Direct interband transitions and critical points. Optical constants of Ge and Graphite. Absorption from impurity levels. Exciton effects. Indirect phonon-assisted transitions. Spontaneous and stimulated Emission, Photoluminescence, Electroluminescence, optical gain. Semiconductor diode laser. Magnetic properties of matter. Energy levels and density of states of a free electron gas in a magnetic field. Filling of Landau levels as a function of the magnetic field. Magneto-transport. Quantum mechanical treatment of magnetic susceptibility. Pauli paramagnetism. Magnetic susceptibility of closed-shell systems. Permanent magnetic dipoles in atoms and ions with partially filled shells. Paramagnetism of localized magnetic moments. Curie law. Van Vleck paramagnetism, Pauli paramagnetism and Landau diamagnetism. Magnetic ordering in crystals. Mean field theory of ferromagnetism: Weiss model. Curie-Weiss law. Anti-Ferromagnetism. Exchange interaction and Heisenberg model. Microscopic origin of the coupling between localized magnetic moments. Dipolar interaction and magnetic domains. Section 2- Program Heterojunctions and heterostructures. 2, 1, -0 dimensional systems: electronic states and density of states. 2 dimensional electron gases. Characteristics lengths for the electrical transport in low dimensional systems. Resonant tunnel diode. Aharonov-Bohm effect. Ballistic transport and conductance quantization in 1D systems. 2D gas in a magnetic field: Shubnikov-de-Haas oscillations and quantum Hall effect. Single electron tunneling and coulomb blockade effects. Single electron transistor. Semiconductor qubits for quantum computing (brief). Optical properties of nanostructures: interband and intersubband transitions in quantum wells. Nanostructures for light-emitters: heterostructure LED and lasers, quantum cascade lasers (brief).

Reference books

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410710 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture

Docente: DI GASPARE LUCIANA

Italiano

Prerequisiti

Conoscenze di fisica dello stato solido

Programma

Parte 1 Programma Struttura elettronica dei solidi. Richiami di calcolo a bande nei solidi. Bande di sistemi semiconduttori III-V e IV. Bande e superficie di Fermi dei metalli alcalini, metalli nobili, metalli semplici bivalenti e trivalenti; metalli di transizione. Approssimazione della massa efficace. Livelli di impurezza nei semiconduttori drogati. Eterogiunzioni e eterostrutture. Stati elettronici e densità degli stati nelle buche quantiche, nei fili quantici e nei punti quantici. Proprietà di trasporto Richiami del modello di Drude. Equazioni semiclassiche del moto. Equazione del trasporto di Boltzmann. Interazione elettrone - fonone. Approssimazione del tempo di rilassamento. Conduttività elettrica nell'approssimazione del tempo di rilassamento. Potere termoelettrico e conducibilità termica degli elettroni. Corrente di diffusione e di drift. Equazione di continuità e termini di generazione e ricombinazione nei semiconduttori. Tempo di ricombinazione e lunghezza di diffusione. Giunzione p-n in condizioni di non equilibrio. Proprietà ottiche Equazioni di Maxwell nei solidi. Costante dielettrica complessa e suo significato. Coefficiente di assorbimento e riflessione. Relazioni di Kramers Kronig. Oscillatore di Lorentz. Teoria di Drude delle proprietà ottiche di cariche libere. Oscillazioni di plasma. Modello classico per la costante dielettrica. Transizioni interbanda: transizioni dirette. Densità congiunta degli stati, punti critici. Funzione dielettrica del Ge e della grafite. Transizioni interbanda indirette. Effetti eccitonici. Assorbimento da fononi ottici Proprietà magnetiche della materia. Moto di elettroni liberi e di elettroni di Bloch in campo magnetico. Trattazione quantistica e livelli di Landau. Degenerazione e riempimento dei livelli di Landau in 3D e 2D. Magnetoresistenza. Suscettività magnetica. Paramagnetismo e diamagnetismo. Diamagnetismo di Larmor. Origine del momento magnetico atomico, regole di Hund. Effetti del campo cristallino nei solidi. Legge di Curie del paramagnetismo. Paramagnetismo di Van Vleck e di Pauli. Diamagnetismo di Landau. Teoria di campo medio del ferromagnetismo: modello di Weiss. Legge di Curie-Weiss. Anti-Ferromagnetismo. Interazione di scambio e modello di Heisenberg. Interpretazione microscopica del campo di Weiss. Interazione dipolare e domini magnetici. Parte 2 Programma Eterogiunzioni e eterostrutture. Giunzione metallo semiconduttore. Sistemi 2-, 1-, 0-dimensionali. Stati elettronici e densità degli stati. Gas di elettroni 2D: lunghezze caratteristiche per il trasporto in sistemi a bassa dimensionalità. Diodo tunnel Risonante. Interferenza delle funzioni d'onda ed effetto Aharonov-Bohm. Trasporto balistico e quantizzazione della conduttanza nei sistemi 1-dimensionali. Gas di elettroni 2D in campo magnetico: oscillazioni di Shubnikov-de-Haas e effetto Hall quantistico. Tunneling di singolo elettrone e bloccaggio coulombiano. Transistor a singolo elettrone. Qubits a semiconduttore per quantum computing (cenni). Proprietà ottiche delle nanostrutture: transizioni interbanda e intersottobanda nelle buche quantiche. Emettitori di luce, coefficiente di guadagno. Laser a diodo, a eterostruttura, a cascata quantica (cenni)

Testi

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali. I dettagli dei calcoli matematici saranno eseguiti alla lavagna. Alcuni argomenti verranno illustrati proiettando delle diapositive e riportando come esempio casi presi dalla letteratura scientifica recente. Nel caso di un prolungamento dell'emergenza sanitaria da COVID-19 saranno recepite tutte le disposizioni che regolino le modalità di svolgimento delle attività didattiche e della valutazione degli studenti. In particolare si applicheranno le seguenti modalità: "lezioni a distanza in video conferenza tramite piattaforma Teams".

Modalità di valutazione

esame finale in forma orale. L'esame consiste in 2-3 domande sugli argomenti del corso. Si richiede allo studente di mostrare una autonoma capacità di inquadrare gli argomenti richiesti in un quadro generale, nonché di saper eseguire i calcoli matematici

English

Prerequisites

Solid Stat Physics

Programme

Section 1 Program Electronic properties of solids Reminds on band structure calculation methods. Band structure of III-V and IV semiconductors. Band structures and Fermi surfaces of selected metals. Effective mass approximation. Impurity levels in doped semiconductors. Transport properties The Drude Model. Semiclassical equations of transport. Boltzmann equation. Electron phonon interaction. Relaxation time approximation. Electrical conductivity in the relaxation time approximation. Thermoelectric power and thermal conductivity. Drift and diffusion currents. Generation and recombination of electron-hole pairs in semiconductors. Continuity equation. Recombination times and diffusion length. Current voltage characteristics of the p-n junction. Optical properties Maxwell Equations in solids. Complex Dielectric Constant. Absorption and reflection coefficients. Kramers Kronig Relations. Lorentz Oscillator. The Drude theory of the optical properties of metals. Optical properties of semiconductors and insulators. Direct interband transitions and critical points. Optical constants of Ge and Graphite. Absorption from impurity levels. Exciton effects. Indirect phonon-assisted transitions. Spontaneous and stimulated Emission, Photoluminescence, Electroluminescence, optical gain. Semiconductor diode laser. Magnetic properties of matter. Energy levels and density of states of a free electron gas in a magnetic field. Filling of Landau levels as a function of the magnetic field. Magneto-transport. Quantum mechanical treatment of magnetic susceptibility. Pauli paramagnetism. Magnetic susceptibility of closed-shell systems. Permanent magnetic dipoles in atoms and ions with partially filled shells. Paramagnetism of localized magnetic moments. Curie law. Van Vleck paramagnetism, Pauli paramagnetism and Landau diamagnetism. Magnetic ordering in crystals. Mean field theory of ferromagnetism: Weiss model. Curie-Weiss law. Anti-Ferromagnetism. Exchange interaction and Heisenberg model. Microscopic origin of the coupling between localized magnetic moments. Dipolar interaction and magnetic domains. Section 2- Program Heterojunctions and heterostructures. 2, 1, -0 dimensional systems: electronic states and density of states. 2 dimensional electron gases. Characteristics lengths for the electrical transport in low dimensional systems. Resonant tunnel diode. Aharonov-Bohm effect. Ballistic transport and conductance quantization in 1D systems. 2D gas in a magnetic field: Shunikov-de-Haas oscillations and quantum Hall effect. Single electron tunneling and coulomb blockade effects. Single electron transistor. Semiconductor qu-bits for quantum computing (brief). Optical properties of nanostructures: interband and intersubband transitions in quantum wells. Nanostructures for light-emitters: heterostructure LED and lasers, quantum cascade lasers (brief).

Reference books

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410711 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture - MOD A

Docente: DE SETA MONICA

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Struttura elettronica dei solidi. Richiami di calcolo a bande nei solidi. Bande di sistemi semiconduttori III-V e IV. Bande e superficie di Fermi dei metalli alcalini, metalli nobili, metalli semplici bivalenti e trivalenti; metalli di transizione. Approssimazione della massa efficace. Livelli di impurezza nei semiconduttori drogati. Eterogiunzioni e eterostrutture. Stati elettronici e densità degli stati nelle buche quantiche, nei fili quantici e nei punti quantici. Proprietà di trasporto Richiami del modello di Drude. Equazioni semiclassiche del moto. Equazione del trasporto di Boltzmann. Interazione elettrone - fonone. Approssimazione del tempo di rilassamento. Conduttività elettrica nell'approssimazione del tempo di rilassamento. Potere termoelettrico e conduttività termica degli elettroni. Corrente di diffusione e di drift. Equazione di continuità e termini di generazione e ricombinazione nei semiconduttori. Tempo di ricombinazione e lunghezza di diffusione. Giunzione p-n in condizioni di non equilibrio. Proprietà ottiche Equazioni di Maxwell nei solidi. Costante

dielettrica complessa e suo significato. Coefficiente di assorbimento e riflessione. Relazioni di Kramers Kronig. Oscillatore di Lorentz. Teoria di Drude delle proprietà ottiche di cariche libere. Oscillazioni di plasma. Modello classico per la costante dielettrica. Transizioni interbanda: transizioni dirette. Densità congiunta degli stati, punti critici. Funzione dielettrica del Ge e della grafite. Transizioni interbanda indirette. Effetti eccitonici. Assorbimento da fononi ottici. Proprietà magnetiche della materia. Moto di elettroni liberi e di elettroni di Bloch in campo magnetico. Trattazione quantistica e livelli di Landau. Degenerazione e riempimento dei livelli di Landau in 3D e 2D. Magnetoresistenza. Suscettività magnetica. Paramagnetismo e diamagnetismo. Diamagnetismo di Larmor. Origine del momento magnetico atomico, regole di Hund. Effetti del campo cristallino nei solidi. Legge di Curie del paramagnetismo. Paramagnetismo di Van Vleck e di Pauli. Diamagnetismo di Landau. Teoria di campo medio del ferromagnetismo: modello di Weiss. Legge di Curie-Weiss. Anti-Ferromagnetismo. Interazione di scambio e modello di Heisenberg. Interpretazione microscopica del campo di Weiss. Interazione dipolare e domini magnetici.

Testi

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali. I dettagli dei calcoli matematici saranno eseguiti alla lavagna. Alcuni argomenti verranno illustrati proiettando delle diapositive e riportando come esempio casi presi dalla letteratura scientifica recente.

Modalità di valutazione

esame finale in forma orale. L'esame consiste in 2-3 domande sugli argomenti del corso. Si richiede allo studente di mostrare una autonoma capacità di inquadrare gli argomenti richiesti in un quadro generale, nonché di saper eseguire i calcoli matematici

English

Prerequisites

none

Programme

Section 1 Program Electronic properties of solids Reminds on band structure calculation methods. Band structure of III-V and IV semiconductors. Band structures and Fermi surfaces of selected metals. Effective mass approximation. Impurity levels in doped semiconductors. Transport properties The Drude Model. Semiclassical equations of transport. Boltzmann equation. Electron phonon interaction. Relaxation time approximation. Electrical conductivity in the relaxation time approximation. Thermoelectric power and thermal conductivity. Drift and diffusion currents. Generation and recombination of electron-hole pairs in semiconductors. Continuity equation. Recombination times and diffusion length. Current voltage characteristics of the p-n junction. Optical properties Maxwell Equations in solids. Complex Dielectric Constant. Absorption and reflection coefficients. Kramers Kronig Relations. Lorentz Oscillator. The Drude theory of the optical properties of metals. Optical properties of semiconductors and insulators. Direct interband transitions and critical points. Optical constants of Ge and Graphite. Absorption from impurity levels. Exciton effects. Indirect phonon-assisted transitions. Spontaneous and stimulated Emission, Photoluminescence, Electroluminescence, optical gain. Semiconductor diode laser. Magnetic properties of matter. Energy levels and density of states of a free electron gas in a magnetic field. Filling of Landau levels as a function of the magnetic field. Magneto-transport. Quantum mechanical treatment of magnetic susceptibility. Pauli paramagnetism. Magnetic susceptibility of closed-shell systems. Permanent magnetic dipoles in atoms and ions with partially filled shells. Paramagnetism of localized magnetic moments. Curie law. Van Vleck paramagnetism, Pauli paramagnetism and Landau diamagnetism. Magnetic ordering in crystals. Mean field theory of ferromagnetism: Weiss model. Curie-Weiss law. Anti-Ferromagnetism. Exchange interaction and Heisenberg model. Microscopic origin of the coupling between localized magnetic moments. Dipolar interaction and magnetic domains.

Reference books

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410711 - Fisica dei Solidi e delle Nanostrutture - MOD A

Docente: DE SETA MONICA

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Struttura elettronica dei solidi. Richiami di calcolo a bande nei solidi. Bande di sistemi semiconduttori III-V e IV. Bande e superficie di Fermi dei metalli alcalini, metalli nobili, metalli semplici bivalenti e trivalenti; metalli di transizione. Approssimazione della massa

nessuno

Programma

Richiami di calcolo a bande nei solidi. Bande di sistemi semiconduttori III-V e IV. Bande e superficie di Fermi dei metalli alcalini, metalli nobili, metalli semplici bivalenti e trivalenti; metalli di transizione. Approssimazione della massa efficace. Livelli di impurezza nei semiconduttori drogati. Eterogiunzioni e eterostrutture. Stati elettronici e densità degli stati nelle buche quantiche, nei fili quantici e nei punti quantici. Proprietà di trasporto Richiami del modello di Drude. Equazioni semiclassiche del moto. Equazione del trasporto di Boltzmann. Interazione elettrone - fonone. Approssimazione del tempo di rilassamento. Conduttività elettrica nell'approssimazione del tempo di rilassamento. Potere termoelettrico e conducibilità termica degli elettroni. Corrente di diffusione e di drift. Equazione di continuità e termini di generazione e ricombinazione nei semiconduttori. Tempo di ricombinazione e lunghezza di diffusione. Giunzione p-n in condizioni di non equilibrio. Proprietà ottiche Equazioni di Maxwell nei solidi. Costante dielettrica complessa e suo significato. Coefficiente di assorbimento e riflessione. Relazioni di Kramers Kronig. Oscillatore di Lorentz. Teoria di Drude delle proprietà ottiche di cariche libere. Oscillazioni di plasma. Modello classico per la costante dielettrica. Transizioni interbanda: transizioni dirette. Densità congiunta degli stati, punti critici. Funzione dielettrica del Ge e della grafite. Transizioni interbanda indirette. Effetti eccitonici. Assorbimento da fononi ottici Proprietà magnetiche della materia. Moto di elettroni liberi e di elettroni di Bloch in campo magnetico. Trattazione quantistica e livelli di Landau. Degenerazione e riempimento dei livelli di Landau in 3D e 2D. Magnetoresistenza. Suscettività magnetica. Paramagnetismo e diamagnetismo. Diamagnetismo di Larmor. Origine del momento magnetico atomico, regole di Hund. Effetti del campo cristallino nei solidi. Legge di Curie del paramagnetismo. Paramagnetismo di Van Vleck e di Pauli. Diamagnetismo di Landau. Teoria di campo medio del ferromagnetismo: modello di Weiss. Legge di Curie-Weiss. Anti-Ferromagnetismo. Interazione di scambio e modello di Heisenberg. Interpretazione microscopica del campo di Weiss. Interazione dipolare e domini magnetici.

Testi

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali. I dettagli dei calcoli matematici saranno eseguiti alla lavagna. Alcuni argomenti verranno illustrati proiettando delle diapositive e riportando come esempio casi presi dalla letteratura scientifica recente.

Modalità di valutazione

L'esame consiste in 2-3 domande sugli argomenti del corso. Si richiede allo studente di mostrare una autonoma capacità di inquadrare gli argomenti richiesti in un quadro generale, nonché di saper eseguire i calcoli matematici

English

Prerequisites

none

Programme

Section 1 Program Electronic properties of solids Reminds on band structure calculation methods. Band structure of III-V and IV semiconductors. Band structures and Fermi surfaces of selected metals. Effective mass approximation. Impurity levels in doped semiconductors. Transport properties The Drude Model. Semiclassical equations of transport. Boltzmann equation. Electron phonon interaction. Relaxation time approximation. Electrical conductivity in the relaxation time approximation. Thermoelectric power and thermal conductivity. Drift and diffusion currents. Generation and recombination of electron-hole pairs in semiconductors. Continuity equation. Recombination times and diffusion length. Current voltage characteristics of the p-n junction. Optical properties Maxwell Equations in solids. Complex Dielectric Constant. Absorption and reflection coefficients. Kramers Kronig Relations. Lorentz Oscillator. The Drude theory of the optical properties of metals. Optical properties of semiconductors and insulators. Direct interband transitions and thermal points. Optical constants of Ge and Graphite. Absorption from impurity levels. Exciton effects. Indirect phonon-assisted transitions. Spontaneous and stimulated Emission, Photoluminescence, Electroluminescence, optical gain. Semiconductor diode laser. Magnetic properties of matter. Energy levels and density of states of a free electron gas in a magnetic field. Filling of Landau levels as a function of the magnetic field. Magneto-transport. Quantum mechanical treatment of magnetic susceptibility. Pauli paramagnetism. Magnetic susceptibility of closed-shell systems. Permanent magnetic dipoles in atoms and ions with partially filled shells. Paramagnetism of localized magnetic moments. Curie law. Van Vleck paramagnetism, Pauli paramagnetism and Landau diamagnetism. Magnetic ordering in crystals. Mean field theory of ferromagnetism: Weiss model. Curie-Weiss law. Anti-Ferromagnetism. Exchange interaction and Heisenberg model. Microscopic origin of the coupling between localized magnetic moments. Dipolar interaction and magnetic domains.

Reference books

Ashcroft-Mermin: "Solid State Physics" Grosso-Pastori-Parravicini: "Solid State Physics" Datta s.: Electronic transport in mesoscopic systems [Cambridge university press] Davies j. H. : The physics of low dimensional semiconductors [Cambridge university press]

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402259 - FISICA DEL CLIMA

Docente: Petitta Marcello

Italiano

Prerequisiti

Programma

Prima parte Definizione di clima (climatologia e meteorologia). Il sistema climatico (atmosfera, biosfera, criosfera, geosfera, idrosfera, Sole). La radiazione solare e il bilancio energetico della Terra (richiami di fisica solare, leggi della radiazione, assorbimento della radiazione solare nell'atmosfera). Atmosfera e clima (richiami di composizione, struttura e circolazione dell'atmosfera). Nubi e aerosol (richiami di processi di condensazione e formazione delle nubi). Oceano e clima (richiami di composizione, struttura e circolazione dell'oceano). Trasferimento radiativo (richiami di assorbimento, emissione e trasferimento radiativo dell'atmosfera). L'effetto serra (l'atmosfera come serra, i gas serra, calcolo del bilancio energetico, modelli di effetto serra). Lo strato di ozono (radiazione ultravioletta in atmosfera, fotochimica della produzione di ozono, misure di ozono, "buco" dell'ozono). Osservazioni climatiche con telerilevamento (misure da terra, misure satellitari, strumenti infrarossi, strumenti "limb viewing", applicazioni del telerilevamento agli studi climatici). Sensitività climatica e cambiamento climatico (cambiamenti astronomici, solari, atmosferici, oceanici e fluttuazioni di temperatura). Clima di altri pianeti. Clima e società. Variabilità multidecadale della temperatura superficiale del mare (seminario del Dr. Salvatore Marullo). Misura lidar di gas serra (visita al Centro Ricerche ENEA di Frascati). Seconda parte Introduzione ai modelli climatici. Il percorso concettuale dalle osservazioni alle simulazioni. Approcci dinamico e statistico. Gerarchia dei modelli climatici e loro componenti, tipologie di modelli, il concetto di parametrizzazione. Modelli a Bilancio di Energia (EBM). Struttura generale di un EBM, EBM 0-dimensionali, EBM 1-dimensionali, parametrizzazioni negli EBM, applicazioni. Modelli Radiativo-Convettivi (RC) e Modelli a Complessità Intermedia (EMIC). Equilibrio radiativo e radiativo-convettivo e implementazione nei modelli climatici a complessità intermedia. Modelli Climatici Globali (GCM). Struttura di un GCM, componenti e interazioni, equazioni fondamentali e loro modellazione. Attività di attribution e risultati. Validazione dei modelli di clima. Cenni di modellistica climatica regionale e tecniche di downscaling. Scenari e proiezioni climatiche per il XXI secolo. Analizzare il clima e i suoi cambiamenti da un altro punto di vista: modelli a rete neurale e analisi di causalità di Granger. Dettagli sulle tecniche e risultati di attribution. Downscaling con modelli a rete neurale.

Testi

F. W. Taylor (2005), Elementary Climate Physics, Oxford. K. McGuffie & A. Henderson-Sellers (2014), The Climate Modelling Primer, 4th Edition, Wiley.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni. Proiezione di slide. Elaborazione di semplici modelli climatici. Domande e risposte.

Modalità di valutazione

Esame finale orale: lo studente risponderà a un paio di domande, una relativa alla prima parte del corso, l'altra alla seconda, dimostrando una buona conoscenza dei temi

English

Prerequisites

Programme

first part Definition of climate (climatology and meteorology). The climate system (atmosphere, biosphere, cryosphere, geosphere, hydrosphere, Sun). The solar radiation and the energy balance of the Earth (solar physics calls, laws of radiation, absorption of solar radiation in the atmosphere). Atmosphere and Climate (recalls of composition, structure and circulation of the atmosphere). Clouds and aerosols (calls processes of condensation and cloud formation). Ocean and climate (recalls composition, structure and ocean circulation). Radiative transfer (calls of absorption, emission and radiative transfer of the atmosphere). The greenhouse effect (the atmosphere as greenhouse gas emissions, the calculation of the energy balance, greenhouse models). The ozone layer (ultraviolet radiation in the atmosphere, photochemical production of ozone, ozone measurements, "hole" ozone). Climate observation with remote sensing (measurements from land, satellite measurements, infrared instruments, tools "limb viewing", applications of remote sensing to studies climate). Climate sensitivity and climate change (changes astronomical, solar, atmospheric, oceanic and temperature fluctuations). Atmosphere of other planets. Climate and society. Multidecadal variability of sea surface temperature (seminar Dr. Salvatore Marullo). Lidar measurement of greenhouse gases (visit to the ENEA Frascati Research Center). second part Introduction to climate models. The conceptual path from observations to simulations. Dynamic and statistical approaches. Hierarchy of climate models and their components, types of models, the concept of parameter. Models Power Budget (EBM). General structure of an EBM, EBM 0-dimensional, one-dimensional EBM, parameter in EBM, applications. Radiative-convective models (RC) and models Intermediate Complexity (EMIC). Radiative-convective and radiative balance in climate models and implementation at intermediate complexity. Global Climate Models (GCMs). Structure of a GCM, components and interactions, fundamental equations and their modeling. Activities and results of attribution. Validation of climate models. Elements of regional climate modeling and downscaling techniques. Scenarios and climate projections for the XXI century. Analyze the climate and its changes from another point of view: neural network models and analysis of Granger causality. Details on techniques and results of attribution. Downscaling with neural network models.

Reference books

F. W. Taylor (2005), Elementary Climate Physics, Oxford. K. McGuffie & A. Henderson-Sellers (2014), The Climate Modelling Primer, 4th Edition, Wiley.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

20402259 - FISICA DEL CLIMA

Docente: Pasini Antonello

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Prima parte Definizione di clima (climatologia e meteorologia). Il sistema climatico (atmosfera, biosfera, criosfera, geosfera, idrosfera, Sole). La radiazione solare e il bilancio energetico della Terra (richiami di fisica solare, leggi della radiazione, assorbimento della radiazione solare nell'atmosfera). Atmosfera e clima (richiami di composizione, struttura e circolazione dell'atmosfera). Nubi e aerosol (richiami di processi di condensazione e formazione delle nubi). Oceano e clima (richiami di composizione, struttura e circolazione dell'oceano). Trasferimento radiativo (richiami di assorbimento, emissioni e trasferimento radiativo dell'atmosfera). L'effetto serra (l'atmosfera come serra, i gas serra, calcolo del bilancio energetico, modelli di effetto serra). Lo strato di ozono (radiazione ultravioletta in atmosfera, fotochimica della produzione di ozono, misure di ozono, "buco" dell'ozono). Osservazioni climatiche con telerilevamento (misure da terra, misure satellitari, strumenti infrarossi, strumenti "limb viewing", applicazioni del telerilevamento agli studi climatici). Sensitività climatica e cambiamento climatico (cambiamenti astronomici, solari, atmosferici, oceanici e fluttuazioni di temperatura). Clima di altri pianeti. Clima e società. Variabilità multidecadale della temperatura superficiale del mare (seminario del Dr. Salvatore Marullo). Misura lidar di gas serra (visita al Centro Ricerche ENEA di Frascati). Seconda parte Introduzione ai modelli climatici. Il percorso concettuale dalle osservazioni alle simulazioni. Approcci dinamico e statistico. Gerarchia dei modelli climatici e loro componenti, tipologie di modelli, il concetto di parametrizzazione. Modelli a Bilancio di Energia (EBM). Struttura generale di un EBM, EBM 0-dimensionali, EBM 1-dimensionali, parametrizzazioni negli EBM, applicazioni. Modelli Radiativo-Convettivi (RC) e Modelli a Complessità Intermedia (EMIC). Equilibrio radiativo e radiativo-convettivo e implementazione nei modelli climatici a complessità intermedia. Modelli Climatici Globali (GCM). Struttura di un GCM, componenti e interazioni, equazioni fondamentali e loro modellazione. Attività di attribution e risultati. Validazione dei modelli di clima. Cenni di modellistica climatica regionale e tecniche di downscaling. Scenari e proiezioni climatiche per il XXI secolo. Analizzare il clima e i suoi cambiamenti da un altro punto di vista: modelli a rete neurale e analisi di causalità di Granger. Dettagli sulle tecniche e risultati di attribution. Downscaling con modelli a rete neurale.

Testi

F. W. Taylor (2005), Elementary Climate Physics, Oxford. K. McGuffie & A. Henderson-Sellers (2014), The Climate Modelling Primer, 4th Edition, Wiley.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni. Proiezione di slide. Elaborazione di semplici modelli climatici. Domande e risposte.

Modalità di valutazione

Esame finale orale: lo studente risponderà a un paio di domande, una relativa alla prima parte del corso, l'altra alla seconda, dimostrando una buona conoscenza dei temi

English

Prerequisites

none

Programme

first part Definition of climate (climatology and meteorology). The climate system (atmosphere, biosphere, cryosphere, geosphere, hydrosphere, Sun). The solar radiation and the energy balance of the Earth (solar physics calls, laws of radiation, absorption of solar radiation in the atmosphere). Atmosphere and Climate (recalls of composition, structure and circulation of the atmosphere). Clouds and aerosols (calls processes of condensation and cloud formation). Ocean and climate (recalls composition, structure and ocean circulation). Radiative transfer (calls of absorption, emission and radiative transfer of the atmosphere). The greenhouse effect (the atmosphere as greenhouse gas emissions, the calculation of the energy balance, greenhouse models). The ozone layer (ultraviolet radiation in the atmosphere, photochemical production of ozone, ozone measurements, "hole" ozone). Climate observation with remote sensing (measurements from land, satellite measurements, infrared instruments, tools "limb viewing", applications of remote sensing to studies climate). Climate sensitivity and climate change (changes astronomical, solar, atmospheric, oceanic and temperature fluctuations). Atmosphere of other planets. Climate and society. Multidecadal variability of sea surface temperature (seminar Dr. Salvatore Marullo). Lidar measurement of greenhouse gases (visit to the ENEA Frascati Research Center). second part Introduction to climate models. The conceptual path from observations to simulations. Dynamic and statistical approaches. Hierarchy of climate models and their components, types of models, the concept of parameter. Models Power Budget (EBM). General structure of an EBM, EBM 0-dimensional, one-dimensional EBM, parameter in EBM, applications. Radiative-convective models (RC) and models Intermediate Complexity (EMIC). Radiative-convective and radiative balance in climate models and implementation at intermediate complexity. Global Climate Models (GCMs). Structure of a GCM, components and interactions, fundamental equations and their modeling. Activities and results of attribution. Validation of climate models. Elements of regional climate modeling and downscaling techniques. Scenarios and climate projections for the XXI century. Analyze the climate and its changes from another point of view: neural network models and analysis of Granger causality. Details on techniques and results of attribution. Downscaling with neural network models.

Reference books

F. W. Taylor (2005), Elementary Climate Physics, Oxford. K. McGuffie & A. Henderson-Sellers (2014), The Climate Modelling Primer,

4th Edition, Wiley.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402026 - FISICA DELLA IONOSFERA E DELLA MAGNETOSFERA

Canale:N0

Docente: SCOTTO Carlo

Italiano

Prerequisiti

Nozioni di meccanica, termodinamica, campo magnetico, campo elettrico, onde elettromagnetiche a livello dei corsi di laurea triennale in fisica. Elementi di analisi matematica a livello dei corsi di laurea triennale in fisica.

Programma

Programma del Corso di fisica della ionosfera e della magnetosfera Docente: Carlo Scotto La maggior parte degli argomenti è trattato sul libro di G.W. Pröls ("Physics of the Earth's Space Environment", ed. Springer).Viene fatto riferimento ai paragrafi di detto libro. I restanti argomenti sono riportati nelle note di lezione distribuite. In esse è riportata la relativa bibliografia dettagliata. Introduzione: scopo del corso e presentazione degli argomenti trattati 1. Nozioni di fisica del plasma magneto-ionosferico Frequenza di plasma, distanza di Debye e potenziale di Debye-Hückel, condizioni di plasma, libero cammino medio, indice di rifrazione di fase per le onde radio in un plasma senza collisioni e in assenza di campo magnetico, plasma non caldo (Note di lezione). (pag. 232, § 7.3.1, § 7.3.2, § 7.3.3) . Energia del campo elettromagnetico (Note di lezione) . Moto delle cariche elettriche in un campo magnetico: moto di girazione, il momento magnetico come invariante adiabatico, moto ove $\text{grad}(B)$ è parallelo a B, bounce motion (§ 5.3.1, § 5.3.2, pp. 220-228), gradient drift motion (§ 5.3.2, pp. 228-229), neutral shift drift, drift E x B e conduttività del plasma in assenza di collisioni, drift sotto l'azione di forze esterne (§ 5.3.1, § 5.3.2, § 5.3.3 pp. 219-233). 2. Il mezzo interplanetario. La corona solare e il vento solare (§ 6.1 e 6.1.1, pp. 278-282, compresi tutti i richiami). Struttura del vento solare a grande scala e sul piano dell'eclittica (§ 6.1.6). Il campo magnetico interplanetario: osservazioni e caratteristiche fisiche (§ 6.2.1, pp. 300-304). Il current sheet eliosferico (§ 6.2.4). Struttura a settori della componente polare di B (§ 6.2.5). Teorema di Alfvén (Appendice A.14, pp.484-487). 3. Magnetosfera Il campo geomagnetico in prossimità della Terra (§ 5.2). Drift di curvatura (p. 233). Drift totale (p. 234-235). Moto composto dei portatori di cariche (§ 5.3.4). Popolazioni di particelle nella magnetosfera interna: fasce di radiazione, ring current, plasmasfera (§ 5.4). Il campo geomagnetico distante: configurazione e classificazione, correnti sul lato diurno della magnetopausa, riflessione delle particelle e formazione della corrente, sistema di correnti nella coda geomagnetica (§ 5.5). Popolazione di particelle nella magnetosfera esterna: magnetotail plasma sheet, magnetotail lobe plasma, magnetospheric boundary layer (§ 5.6). Formazione del bow shock e cenno al magnetosheat (§ 6.4 introduzione e § 6.4.1, pp. 325-328). 4. Ionosfera Processi di assorbimento, attenuazione della radiazione nei gas, deposizione di energia nell'alta atmosfera: funzione di Chapman. Ionosfera terrestre: cenni storici, profilo verticale di densità elettronica, temperatura ionosferica, produzione e scomparsa di ionizzazioni, regioni ionosferiche, equilibrio elettronico, profilo verticale di densità elettronica nella regione E e nella regione F2. (§ 3.2; introduzione del cap 4, § 4.1, § 4.2, § 4.3). Morfologia della ionosfera: le cuspidi sulla traccia degli ionogrammi e le regioni ionosferiche (Note di lezione). Variazioni regolari della ionosfera: strati E ed F1 (Note di lezione). Variazioni irregolari della ionosfera: strato F2 (Note di lezione) . Strato E sporadico (Note di lezione) . Modello fotochimico semplificato per le regioni E ed F: strato F1 (Note di lezione). Modello fotochimico semplificato per la regione D (Note di lezione). Indice di rifrazione per le onde radio con collisioni ed in assenza di campo magnetico; interpretazione della parte immaginaria dell'indice di rifrazione: l'assorbimento (Note di lezione). Solar flares e short waves fadeout (Note di lezione). Ulteriori note sullo strato F1 (Note di lezione). Ulteriori note sullo strato E (Note di lezione). 5. Teoria Magnetoionica Introduzione. Equazioni costitutive per un plasma freddo con collisioni ed in presenza di un campo magnetico (Note di lezione). Indice di rifrazione per le onde radio nella ionosfera, trascurando le collisioni e considerando il campo magnetico terrestre: equazione di Appleton-Hartree (Note di lezione). Continuità di n_f in $X=1$. Gli zeri dell'equazione di Appleton-Hartree senza collisioni: caso di propagazione longitudinale, trasversale e generale (Note di lezione). Polarizzazione: continuità in $X=1$ nel caso generale e nel caso di propagazione longitudinale. Polarizzazione in propagazione longitudinale: dipendenza dal segno di YL. Polarizzazione in condizioni generali, per $X=1$ (Note di lezione). Indice di rifrazione per le onde radio nella ionosfera, considerando le collisioni e il campo magnetico terrestre. Cenno alla polarizzazione nel caso collisionale. Curve di $\#(X)$ con collisioni: importanza della regola di Booker (Note di lezione). Condizioni di riflessione e ionogrammi, traccia ordinaria, straordinaria. Raggio Z (Note di lezione). Esempi di ionogrammi (Note di lezione) Così come indicato nelle note di lezione, il materiale di questa unità didattica si trova su: Ratcliffe, J. A. (1959), The magneto-ionic Theory and its Applications to the Ionosphere, Cambridge University Press. 6. Assorbimento e dissipazione dell'energia del vento solare Topologia dell'alta atmosfera polare (§ 7.1). Campi elettrici, e convezione del plasma (§ 7.2). Conduttività e correnti nella ionosfera polare (§ 7.3). Aurore polari: dissipazione dell'energia delle particelle aurorali, origine delle particelle aurorali, aurora diffusa e discreta (§ 7.4). Solar Wind Dynamo (§ 7.6.1), magnetosfera aperta (§ 7.6.2), convezione del plasma nella magnetosfera aperta (§ 7.6.3), magnetosfera aperta con coda (§ 7.6.4), cenno alla riconnessione (parte del § 7.6.5), correnti di Birkeland nelle regioni 1 e 2 (§ 7.6.6). 7. Tempeste geosferiche Tempeste magnetiche: variazioni regolari, elettrogetto equatoriale, attività magnetica alle basse, alte e medie latitudini, indici geomagnetici (§ 8.1). Sottotempeste magnetiche: fase di crescita e espansione, onde di Alfvén e loro ruolo (§ 8.3). Tempeste ionosferiche: tempeste negative e positive (§ 8.5).

Testi

1) G.W. Pröls "Physics of the Earth's Space Environment" 2) Appunti di lezione.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

La materia trattata nel corso di "Fisica della ionosfera e della magnetosfera", richiede l'illustrazione di figure e schemi complessi. Essi non possono essere riprodotti, in tutti i casi, manualmente sulla lavagna in modo efficace per cui si deve ricorrere alla proiezione di diapositive (slides). Le diapositive hanno anche un'altra funzione: con esse si mostrano spesso degli schemi logici, attraverso i quali si cerca di focalizzare l'attenzione dello studente sui punti salienti delle trattazioni, sulle ipotesi dei ragionamenti, sui dati sperimentali che vengono assunti e su quanto, di volta in volta, si intende dimostrare. Una volta che la diapositiva di riferimento è stata proiettata, la trattazione prosegue in modo tradizionale alla lavagna, anche con lo svoglimento dei necessari passaggi matematici. Alcuni argomenti che sul testo di riferimento sono presentati in forma teorica, vengono invece proposti in forma di esercizio o di problema. Si crea così l'occasione per valutare se i risultati ottenuti siano plausibili e per focalizzare sull'ordine di grandezza dei diversi parametri fisici coinvolti. Una uscita di istruzione viene poi solitamente effettuata alla fine del corso, per visitare i laboratori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Vengono presentati agli studenti, in modo diretto, i sistemi di acquisizione ed elaborazione di dati magnetici ed ionosferici, nonché i servizi in ambito Space Weather dell'INGV. Con l'occasione si mostrano attraverso l'internet anche i servizi di altre istituzioni nazionali ed internazionali. Si intende così richiamare l'attenzione degli studenti sul valore applicativo delle nozioni apprese durante il corso, sull'interesse verso lo Space Weather, sui notevoli investimenti che esso richiama e sul fatto che molteplici collaborazioni internazionali sono attive in detto settore.

Modalità di valutazione

L'esame viene svolto in forma orale tradizionale. Vengono solitamente rivolte allo studente tre domande su argomenti piuttosto ampi, trattati a lezione, ed esplicitamente indicati nel programma. Le domande sono poste in maniera tale da consentire una risposta con diversi gradi di approfondimento, permettendo allo studente di mostrare il livello di competenza raggiunto sull'argomento richiesto. Per ciascuna domanda principale, possono essere poste domande successive per richiedere precisazioni. Le domande successive, sono utili soprattutto per capire se una possibile esposizione troppo superficiale, è da porsi in relazione all'acquisizione approssimativa delle competenze oppure ad un eccessivo desiderio di sintesi. Allo studente non viene richiesto di svolgere esercizi o problemi durante l'esame orale, oltre a quelli discussi a lezione con, al più, qualche minima variante.

English

Prerequisites

Notions of mechanics, thermodynamics, magnetic field, electric field, electromagnetic waves at the level of three-year degree courses in physics. Elements of mathematical analysis at the level of three-year degree courses in physics.

Programme

Program of the course of "Physics of the Ionosphere and Magnetosphere" prof. Carlo Scotto Most of the topics are dealt in the book by G.W. Prölss ("Physics of the Earth's Space Environment", ed. Springer). Reference is made to the paragraphs of this book. The remaining topics are reported in the distributed Lesson Notes. The relevant detailed bibliography is shown in them. Introduction: purpose of the course and presentation of the topics covered. 1. Notions of magneto-ionospheric plasma physics Plasma frequency, Debye distance and Debye-Hückel potential, plasma conditions, free mean path, phase refraction index for radio waves in a plasma without collisions and in the absence of magnetic field, cold plasma (Lesson notes). (P. 232, § 7.3.1, § 7.3.2, § 7.3.3). Energy of the electromagnetic field (Lesson notes). Motion of electric charges in a magnetic field: gyration motion, the magnetic moment as an adiabatic invariant, motion where $\text{grad}(B)$ is parallel to B , bounce motion (§ 5.3.1, § 5.3.2, pp. 220-228), gradient drift motion (§ 5.3.2, pp. 228-229), neutral shift drift, drift $E \times B$ and plasma conductivity in the absence of collisions, drift under the action of external forces (§ 5.3.1, § 5.3.2, § 5.3.3 pp. 219-233). 2. The interplanetary medium. The solar corona and the solar wind (§ 6.1 and 6.1.1, pp. 278-282, including all the references). Large-scale solar wind structure and on the ecliptic plane (§ 6.1.6). The interplanetary magnetic field: observations and physical characteristics (§ 6.2.1, pp. 300-304). The heliospheric current sheet (§ 6.2.4). Segment structure of the polar component of B (§ 6.2.5). Alfvén's theorem (Appendix A.14, pp.484-487). 3. Magnetosphere The geomagnetic field near the Earth (§ 5.2). Curvature drift (p. 233). Total drift (p. 234-235). Composed motion of charge carriers (§ 5.3.4). Particle populations in the internal magnetosphere: radiation belts, ring current, plasmashere (§ 5.4). The distant geomagnetic field: configuration and classification, currents on the diurnal side of the magnetopause, reflection of the particles and formation of the current, system of currents in the geomagnetic tail (§ 5.5). Particle population in the external magnetosphere: magnetotail plasma sheet, magnetotail lobe plasma, magnetospheric boundary layer (§ 5.6). Formation of bow shock and the magnetosheat (§ 6.4 introduction and § 6.4.1, pp. 325-328). 4. Ionosphere Absorption processes, gas radiation attenuation, energy deposition in the upper atmosphere: Chapman function. Earth ionosphere: historical outline, vertical profile of electron density, ionospheric temperature, production and disappearance of ionization, ionospheric regions, electronic equilibrium, vertical profile of electron density in E region and in region F2 region (§ 3.2; introduction of chap 4, § 4.1, § 4.2, § 4.3). Ionosphere morphology: the cusps on the ionogram trace and the ionospheric regions (Lesson notes). Regular variations of the ionosphere: layers E and F1 (Lesson notes). Irregular variations of the ionosphere: F2 layer (Lesson notes). Sporadic E layer(Lesson notes). Simplified photochemical model for regions E and F: F1 layer (Lesson notes). Simplified photochemical model for region D (Lesson notes). Refraction index for radio waves with collisions and in the absence of a magnetic field; interpretation of the imaginary part of the refractive index: absorption (Lesson notes). Solar flares and short waves fadeout (Lesson notes). Additional notes on the F1 layer (Lesson notes). Additional notes on layer E (Lesson notes). 5. Magnetoionic theory Introduction. Constitutive equations for a cold plasma with collisions and in the presence of a magnetic field (Lesson notes). Refractive index for radio waves in the ionosphere, neglecting collisions and considering the Earth's magnetic field: Appleton-Hartree equation (Lesson notes). Continuity of n in $X = 1$. The zeros of the collisionless Appleton-Hartree equation: longitudinal, transverse and general propagation case (Lesson notes). Polarization: continuity in $X = 1$ in the general case and in the case of longitudinal propagation. Polarization in case of longitudinal propagation: dependence on the sign of Y_L . Polarization in general conditions, for $X = 1$ (Lesson Notes). Refractive index for radio waves in the ionosphere, considering collisions and the earth's magnetic field. Mention upon the polarization in the collisional case. Curves of $m_i(X)$ with collisions: importance of the Booker rule (Lesson notes). Conditions of reflection and ionograms, ordinary, extraordinary trace. Ray Z (Lesson Notes). Examples of ionograms (Lesson notes). As indicated in the lesson notes, the material of this teaching unit can be found at: Ratcliffe, J. A. (1959), The magneto-Ionic Theory and its Applications to the Ionosphere, Cambridge University Press. 6. Absorption and dissipation of solar wind energy Topology of the high polar atmosphere (§ 7.1). Electric fields, and plasma convection (§ 7.2). Conductivity and currents in the polar ionosphere (§ 7.3). Polar auroras: energy dissipation of the auroral particles, origin of the auroral particles, diffuse and discrete aurora (§ 7. 4). Solar Wind Dynamo (§ 7.6.1), open magnetosphere (§ 7.6.2), plasma convection in the open magnetosphere (§ 7.6.3), open magnetosphere with tail (§ 7.6.4), mention upon the reconnection (part of § 7.6. 5) Birkeland currents in regions 1 and 2 (§ 7.6.6). 7. Geospheric storms Magnetic storms: regular variation, equatorial electrojet, magnetic activity at low, high and medium latitudes, geomagnetic indexes (§ 8.1). Magnetic substorms: growth and expansion phase, Alfvén waves and their role (§ 8.3). Ionospheric storms: negative and positive storms (§ 8.5).

Reference books

1) G.W. Prölss "Physics of the Earth's Space Environment" 2) Lecture Notes

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402210 - FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA

Canale:N0

Docente: GALLO PAOLA

Italiano

Prerequisiti

Nessun prerequisito richiesto

Programma

Panoramica sulla materia condensata. Descrizione geometrica dei cristalli: reticoli diretti, reticoli reciproci e zona di Brillouin. Scattering di particelle da cristalli: raggi x, elettroni e neutroni. Quasicristalli. Classificazione dei solidi cristallini e legami. Approssimazione adiabatica di Born-Oppenheimer. Dinamica vibrazionale del reticolo cristallino, fononi. Calori specifici vibrazionali di Einstein e Debye e calore specifico elettronico. Elettroni in potenziali periodici: il teorema di Bloch. Teoria dell'elettrone libero nei metalli. L'Hamiltoniano a moltelettroni e approssimazioni ad elettrone singolo: equazioni di Hartree e Hartree-Fock. Teoria a bande dei cristalli: metodo del Tight Binding, approssimazione dell'elettrone quasi libero. Proprietà elettroniche di cristalli rilevanti. Trasporto nei metalli. Semiconduttori intrinseci e drogati e trasporto. Giunzione p-n. Superconduttività.

Testi

TESTO PRINCIPALE: Giuseppe Grosso and Giuseppe Pastori Parravicini Solid State Physics Academic Press ALTRI TESTI UTILIZZATI: Neil W. Ashcroft N. David Mermin Solid State Physics Saunders College Charles Kittel Introduzione alla Fisica Dello Stato Solido Casa Editrice Ambrosiana APPUNTI, PRESENTAZIONI E ESERCIZI sono pubblicati sul sito del corso <http://webusers.fis.uniroma3.it/~gallo/>

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali ed esercitazioni Le lezioni frontali si svolgono alla lavagna. Il docente alterna teoria ad esempi ed esercizi esplicativi dei concetti. Vengono proiettate delle presentazioni che contengono soprattutto figure che aiutano la comprensione dei fenomeni. Il docente segue il libro di testo tranne per alcune parti per le quali si forniscono appunti del docente pubblicati sulla pagina web del corso. Anche le presentazioni vengono pubblicate sulla pagina web del corso. Le esercitazioni vengono svolte con cadenza settimanale. Gli esercizi vengono proposti e risolti alla lavagna. Gli stessi esercizi vengono poi pubblicati con le soluzioni sulla pagina web del corso. <http://webusers.fis.uniroma3.it/~gallo/>

Modalità di valutazione

Prova scritta e prova orale separate. La prova scritta si può superare sostenendo i due esoneri. Il primo esonero proposto a metà corso riguarda esercizi relativi agli argomenti della prima metà del corso. Nel primo esonero vengono proposti due esercizi da svolgere in due ore. Il secondo esonero avviene durante la prima o la seconda prova scritta, riguarda la seconda metà del corso e consiste anch'esso di due esercizi da svolgere in due ore. La prova scritta si può superare sostenendo altrimenti lo scritto nelle date degli appelli. Per i primi due appelli verranno proposti quattro esercizi da svolgere in quattro ore. Lo studente potrà svolgere due esercizi in due ore e passare un esonero (tipicamente il secondo, ma anche il primo se vuole) o tutti e quattro gli esercizi. Negli appelli successivi al secondo si chiederà di risolvere tre esercizi in tre ore che spazieranno su tutto il programma. E' consentito l'uso della calcolatrice e di un formulario. Prove relative agli anni precedenti (esoneri e scritti) sono pubblicate sul sito del corso. Durante la prova orale verranno chiesti due o tre argomenti. La candidata o il candidato deve esporre ciascun argomento in maniera chiara e deve ricavare le formule che lo descrivono su un foglio. Verranno valutate il livello di comprensione del fenomeno e la chiarezza espositiva.

English

Prerequisites

none

Programme

Overview on condensed matter. Geometric description of crystals: direct and reciprocal lattices and Brillouin zone. Scattering of particles by crystals: x-rays, electrons and neutrons. Quasicrystals. Classification of crystalline solids and bonds. Adiabatic approximation (Born-Openheimer). Lattice vibrational dynamics, phonons. Specific heats of Einstein, Debye and electronic. Electrons in periodic potentials: the Bloch theorem. Theory of the free electron in metals. The many electrons Hamiltonian and one electron approximations: Hartree and Hartree Fock equation. Band theory in crystals: Tight Binding method and the nearly free electron approximation. Electronic properties of relevant crystals. Transport in metals. Intrinsic and doped semiconductors and transport. p-n junction. Superconductivity.

Reference books

Giuseppe Grosso and Giuseppe Pastori Parravicini Solid State Physics Academic Press others: Neil W. Ashcroft N. David Mermin Solid State Physics Saunders College Charles Kittel Introduzione alla Fisica Dello Stato Solido Casa Editrice Ambrosiana WRITTEN NOTES,

PRESENTATIONS AND EXERCISES will be published on the course web site <http://webusers.fis.uniroma3.it/~gallop/>

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402210 - FISICA DELLA MATERIA CONDENSATA

Canale:N0

Docente: LUPI LAURA

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

SI SVOLGONO GLI ESERCIZI RELATIVI ALLE SEGUENTI PARTI DEL PROGRAMMA DEL CORSO DELLA PROFESSORESSA PAOLA GALLO: Descrizione geometrica dei cristalli: reticoli diretti, reticoli reciproci e zona di Brillouin. Scattering di particelle da cristalli: raggi x. Dinamica vibrazionale del reticolo cristallino, fononi. Calori specifici vibrazionali di Einstein e Debye e calore specifico elettronico. Teoria a bande degli elettroni nei cristalli: metodo del Tight Binding, approssimazione dell'elettrone quasi libero. Trasporto semiconduttori intrinseci e drogati.

Testi

ESERCIZI divisi in "testi" e "testi e soluzioni" pubblicati sul sito del corso. Sullo stesso sito saranno pubblicate prove di esonero e esame di anni precedenti.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le esercitazioni vengono svolte con cadenza settimanale. Gli esercizi vengono proposti e risolti alla lavagna. Gli stessi esercizi vengono poi pubblicati con le soluzioni sulla pagina web del corso. <http://webusers.fis.uniroma3.it/~gallop/>

Modalità di valutazione

SI VEDA LA PAGINA DEL TITOLARE DEL CORSO : PAOLA GALLO <http://webusers.fis.uniroma3.it/~gallop/>

English

Prerequisites

none

Programme

Exercises on the following topics: Geometric description of crystals: direct and reciprocal lattices and Brillouin zone. Scattering of particles by crystals: x-rays. Quasicrystals. Lattice vibrational dynamics, phonons. Specific heats of Einstein, Debye and electronic. Band theory of electrons in crystals: Tight Binding method and the nearly free electron approximation. Intrinsic and doped semiconductors and transport.

Reference books

EXERCISES published on the webpage of the class. Exams of previous years available on the same webpage.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410879 - Fisica dell'Atmosfera e Meteorologia

Docente: Petitta Marcello

Italiano

Prerequisiti

Conoscenze di Fisica generale ed Analisi matematica.

Programma

o Struttura dell'atmosfera terrestre o Forze fondamentali ed equazioni del moto per i fluidi o Equazione di continuità, Eq. del momento, bilancio idrostatico o Scale del moto atmosferico o Meccanica dei fluidi in sistemi di riferimento rotanti o Equazioni primitive, f-plane e Beta-plane o Bilancio Geostrofico o Come si visualizzano le variabili meteorologiche e climatiche o Strumenti di visualizzazione e dati climatici o Onde nei fluidi, gravity waves, static stability e Lapse Rate adiabatico o Modello Shallow water o Come si effettuano le previsioni meteorologiche con mappe e dati o Approssimazione di Boussinesq o Teoremi della vorticità e della circolazione o Modelli predittivi a grande scala e a scala locale o Modello di Lorentz o Vorticità potenziale o Teoria Geostrofica o Teoria Quasi geostrofica o Strato di Ekman e spirale di Ekman o Onde di Rossby. Approssimazione WKB, onde topografiche e di gravità. o Atmosfera Barotropica o Atmosfera Baroclinica o Bilancio Radiativo in atmosfera.

Testi

o G. K. Vallis - Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Cambridge University Press, Second Edition o G. K. Vallis - Essentials of Atmospheric and Oceanic Dynamics. Cambridge University Press, 2019. o R. Holton - An Introduction to Dynamic Meteorology - Academic Press, 2013

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni si svolgeranno in presenza con l'utilizzo della lavagna e del proiettore.

Modalità di valutazione

Gli esami prevedono una prova orale Nella valutazione dell'esame la determinazione del voto finale terrà conto di elementi, come ad esempio: livello e la qualità della conoscenza degli argomenti; la capacità di analizzare un argomento in modo critico; la logica delle argomentazioni a sostegno di una tesi; la capacità di applicare teorie e concetti ai contesti; l'utilizzo di un lessico appropriato alla disciplina oggetto di studio. Una prima parte dell'esame orale prevede la scelta, la descrizione e l'analisi di un argomento a piacere dello studente a cui seguiranno domande di approfondimento su tutto il programma.

English

Prerequisites

Knowledge of General Physics and Mathematical Analysis

Programme

o Structure of the Earth's atmosphere o Fundamental forces and equations of motion for fluids o Equation of continuity, Eq. of the moment, hydrostatic balance o Atmospheric Motion Scales o Fluid mechanics in rotating reference systems o Primitive equations, f-plane and Beta-plane o Geostrophic Balance o How to view weather and climate variables o Visualization tools and climate data o Waves in fluids, gravity waves, static stability and adiabatic Lapse Rate o Shallow water model o How to make weather forecasts with maps and data o Boussinesq approximation o Vorticity and circulation theorems o Large-scale and local-scale predictive models o Lorentz model o Potential vorticity o Geostrophic Theory o Quasi-geostrophic theory o Ekman's layer and Ekman's spiral or Rossby Waves. WKB approximation, topographic and gravity waves. o Barotropic Atmosphere o Baroclinic atmosphere o Radiative Balance in the atmosphere

Reference books

o G. K. Vallis - Atmospheric and Oceanic Fluid Dynamics. Cambridge University Press, Second Edition o G. K. Vallis - Essentials of Atmospheric and Oceanic Dynamics. Cambridge University Press, 2019. o R. Holton - An Introduction to Dynamic Meteorology - Academic Press, 2013

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE

Docente: SALAMANNA GIUSEPPE

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Aspetti fenomenologici e sperimentali della fisica delle astroparticelle: correlazioni tra fisica delle particelle, astrofisica e cosmologia; il problema della materia oscura; raggi cosmici e meccanismi di accelerazione dei raggi cosmici; massa di neutrini ed oscillazione dei neutrini la conservazione del numero leptonico ed il decadimento doppio beta; la conservazione del numero barionico ed il problema del decadimento del protone; violazione di cp e asimmetria materia-antimateria.

Testi

K. Thomas Gaisser Cosmic rays and particle physics Cambridge 1990 Malcom S. Longair High energy astrophysics Cambridge 1992 H.

V. Klapdor - Kleingrothaus and A. Staudt Non - Accelerator particle physics Bristol 1995 Donald H. Perkins Particle Astrophysics, second edition Oxford 2009 Maurizio Spurio Probes of Multimessenger Astrophysics: Charged cosmic rays, neutrinos, #-rays and gravitational waves Cham Heidelberg New York London 2018

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali. Per ogni argomento principale, una lezione (o più di una nel caso di argomenti di più ampio respiro) verrà dedicata alla presentazione della tematica e al suo inquadramento all'interno del panorama scientifico. Una successiva lezione sarà poi dedicata alla presentazione della ricerca attuale sul tema oggetto della discussione. Le ultime lezioni verranno dedicate ad accompagnare gli studenti nella preparazione del seminario oggetto dell'esame finale.

Modalità di valutazione

Esame orale: discussione di una tesina su argomento a scelta dello studente tra una rosa di proposte.

English

Prerequisites

none

Programme

Phenomenological and Experimental topics in Astroparticle Physics. Common problems in particle physics, astrophysics and cosmology. Dark Matter. Cosmic Rays. Cosmic Rays Acceleration. Neutrino Masses and Neutrino Oscillation. Lepton Number non-conservation and double beta decay. Baryon Number non-conservation and proton decay. CP violation and the matter-antimatter asymmetry.

Reference books

K. Thomas Gaisser Cosmic rays and particle physics Cambridge 1990 Malcom S. Longair High energy astrophysics Cambridge 1992 H. V. Klapdor - Kleingrothaus and A. Staudt Non - Accelerator particle physics Bristol 1995 Donald H. Perkins Particle Astrophysics, second edition Oxford 2009 Maurizio Spurio Probes of Multimessenger Astrophysics: Charged cosmic rays, neutrinos, #-rays and gravitational waves Cham Heidelberg New York London 2018

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410505 - FISICA DELLE ASTROPARTICELLE

Docente: BUSSINO SEVERINO ANGELO MARIA

Italiano

Prerequisiti

Nessun requisito specifico.

Programma

ASPETTI FENOMENOLOGICI E SPERIMENTALI DELLA FISICA DELLE ASTROPARTICELLE: CORRELAZIONI TRA FISICA DELLE PARTICELLE, ASTROFISICA E COSMOLOGIA; IL PROBLEMA DELLA MATERIA OSCURA; RAGGI COSMICI E MECCANISMI DI ACCELERAZIONE DEI RAGGI COSMICI; MASSA DI NEUTRINI ED OSCILLAZIONE DEI NEUTRINI LA CONSERVAZIONE DEL NUMERO LEPTONICO ED IL DECADIMENTO DOPPIO BETA; LA CONSERVAZIONE DEL NUMERO BARIONICO ED IL PROBLEMA DEL DECADIMENTO DEL PROTONI; VIOLAZIONE DI CP E ASIMMETRIA MATERIA-ANTIMATERIA.

Testi

K. Thomas Gaisser Cosmic rays and particle physics Cambridge 1990 Malcom S. Longair High energy astrophysics Cambridge 1992 H. V. Klapdor - Kleingrothaus and A. Staudt Non - Accelerator particle physics Bristol 1995 Donald H. Perkins Particle Astrophysics, second edition Oxford 2009 Maurizio Spurio Probes of Multimessenger Astrophysics: Charged cosmic rays, neutrinos, #-rays and gravitational waves Cham Heidelberg New York London 2018

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali. Per ogni argomento principale, una lezione (o più di una nel caso di argomenti di più ampio respiro) verrà dedicata alla presentazione della tematica e al suo inquadramento all'interno del panorama scientifico. Una successiva lezione sarà poi dedicata alla presentazione della ricerca attuale sul tema oggetto della discussione. Le ultime lezioni verranno dedicate ad accompagnare gli studenti nella preparazione del seminario oggetto dell'esame finale.

Modalità di valutazione

Esame orale: discussione di una tesina su argomento a scelta dello studente tra una rosa di proposte.

English

Prerequisites

No specific requirements.

Programme

Phenomenological and Experimental topics in Astroparticle Physics. Common problems in particle physics, astrophysics and cosmology. Dark Matter. Cosmic Rays. Cosmic Rays Acceleration. Neutrino Masses and Neutrino Oscillation. Lepton Number non-conservation and double beta decay. Baryon Number non-conservation and proton decay. CP violation and the matter-antimatter asymmetry.

Reference books

K. Thomas Gaisser Cosmic rays and particle physics Cambridge 1990 Malcolm S. Longair High energy astrophysics Cambridge 1992 H. V. Klapdor - Kleingrothaus and A. Staudt Non - Accelerator particle physics Bristol 1995 Donald H. Perkins Particle Astrophysics, second edition Oxford 2009 Maurizio Spurio Probes of Multimessenger Astrophysics: Charged cosmic rays, neutrinos, γ -rays and gravitational waves Cham Heidelberg New York London 2018

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401139 - FISICA DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

Canale:N0

Docente: TARANTINO CECILIA

Italiano

Prerequisiti

Argomenti svolti nei corsi di Fisica Teorica I e II

Programma

Lezioni Introdotte: Funzioni di Green, Diagrammi di Feynman, Esponenziazione dei diagrammi disconnessi, Stati IN e OUT, Matrice S, Matrice S in termini dei diagrammi di Feynman, Rappresentazione spettrale di Kaellen-Lehmann, Formula di riduzione LSZ. Rinormalizzabilità: Grado di Divergenza Superficiale dei Diagrammi, Teoria delle Perturbazioni Rinormalizzata, Equazione di Callan-Symanzik, Funzioni beta e gamma, Running coupling, Risommazione dei logaritmi leading. Metodo degli Integrali Funzionali: Introduzione al Formalismo degli Integrali Funzionali, Integrale Funzionale per una teoria di campo (Int. funz. per una teoria di campo scalare), Funzioni di correlazione in termini di integrali funzionali, Funzionale generatore, Regole di Feynman dall'Integrale Funzionale, Quantizzazione del Campo Elettromagnetico (Procedura di Faddeev-Popov), Quantizzazione di Teorie di Gauge Non-Abeliane, Ghosts.

Testi

Michael E. Peskin, Daniel V. Schroeder "An Introduction to Quantum Field Theory"; Franz Mandl, Graham Shaw "Quantum Field Theory".

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni frontali alla lavagna/ipad in cui sono spiegati fondamenti ed approfondimenti della Teoria dei Campi. Esercitazioni alla lavagna/ipad per insegnare a prendere dimestichezza con il formalismo della Teoria dei Campi sia in Seconda Quantizzazione che nell'ambito del metodo degli Integrali Funzionali. Le ore dedicate alla parte più concettuale e quelle dedicate alle esercitazioni sono numericamente confrontabili.

Modalità di valutazione

Prova orale sul programma svolto durante il corso. L'esame orale prevede due/tre domande su più parti del programma, volte ad esplorare la comprensione degli argomenti più concettuali e la familiarità con il formalismo della Teoria dei Campi. La durata dell'esame orale è compresa tra mezz'ora ed un'ora.

English

Prerequisites

Subjects that are explained in Fisica Teorica I and II

Programme

Introductory Lectures: Green Functions, Feynman Diagrams, Exponentiation of disconnected diagrams, IN and OUT states, S-Matrix, S-Matrix in terms of Feynman diagrams, Kaellen-Lehmann Spectral Representation, LSZ Reduction Formula, Optical Theorem. Renormalization: Superficial Divergence Degree of Diagrams, Renormalized Perturbation Theory, Callan-Symanzik Equation, Beta and Gamma Functions, Running coupling, Leading Logarithm Resummation. Path Integral Method: Introduction to Path Integral Formalism,

Path Integral for a Field Theory (Path Int. for a scalar field theory), Green functions in terms of Path Int., Feynman rules from Path Int., Generating Functional, QED Quantization (Faddeev-Popov Method), Dirac Field Quantization, Quantization of Non-abelian Gauge Theories, Ghosts.

Reference books

Michael E. Peskin, Daniel V. Schroeder "An Introduction to Quantum Field Theory"; Franz Mandl, Graham Shaw "Quantum Field Theory".

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)

(FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI - MOD. B)

Docente: SALAMANNA GIUSEPPE

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza della meccanica quantistica e della teoria della relatività ristretta, con particolare riferimento alle trasformazioni di Lorentz, quantità invarianti, operazioni su quadri-vettori. È consigliabile aver assimilato gli argomenti del corso di Fisica Teorica 1.

Programma

MODULO B - Elementi di statistica applicata agli esperimenti di fisica subnucleare. - Esperimenti e misure a LEP. - Ricerche del bosone di Higgs e cenni a ricerche di fisica oltre il modello standard agli acceleratori - Esempi di esperimenti di fisica del neutrino e ricerche di Materia Oscura. - Identificazione di jet da quark b (btagging) e fisica dei quark top. - Strumentazione complessa: gli spettrometri magnetici, i sistemi di identificazione di particella, grandi apparati sperimentali. - Rivelatori a scintillazione e rivelatori ottici (PMT, APD, SiPM). Rivelatori a stato solido. Camere proporzionali a multi-fili. - Calorimetria e.m. ed adronica. - Sistemi e menu di trigger agli esperimenti moderni. - Elementi di utilizzo del codice di analisi ROOT.

Testi

TESTI: (Leo W.R.) Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.) Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.) The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Lucidi e articoli verranno forniti e caricati sulla pagina del corso.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso viene tenuto principalmente con lezioni frontali, al fine di garantire l'apprendimento dei contenuti, come delineato nella sezione "Obiettivi formativi". Verrà spesso seguito un approccio "storico", in base al quale si introdurranno le conoscenze per come la comunità scientifica le ha acquisite sperimentalmente ed integrate in una teoria comprensiva, il Modello Standard. Alle lezioni frontali alla lavagna si alterneranno alcune lezioni con lucidi, laddove sia importante mostrare grafici e/o apparati sperimentali. Al fine di abituare gli studenti alla lettura critica della letteratura scientifica di settore ed alla descrizione dei set-up sperimentali, durante le lezioni saranno anche forniti e discussi articoli scientifici sulle più rilevanti misure dagli anni '50 ad oggi. Il modulo B sarà prevalentemente effettuato per mezzo di lucidi ed articoli di sviluppo di strumentazione. Il tutorial su ROOT sarà interattivo al computer.

Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale. Si parte da una presentazione da parte dello studente, in cui si illustra, discute criticamente una misura di fisica delle particelle; oppure si illustra un aspetto della fenomenologia mostrando le principali misure che lo studiano. Gli studenti possono prendere a spunto un articolo o svolgere una loro sintesi coerente di più articoli, una parte sperimentale e' sempre richiesta anche per i teorici. L'esame prosegue poi con domande sulla presentazione e, successivamente, integrando con domande su altre parti del corso per sondare la solidità delle conoscenze; e per vagliare la capacità dello studente di ricollegare tra di loro i vari aspetti della fisica delle particelle elementari

English

Prerequisites

The student will master quantum mechanics and the rules of special relativity, with particular reference to Lorentz transformations, invariant kinematic quantities and operations on four-vectors. It is recommended that the student is familiar with the topics covered in the course "Fisica Teorica 1"

Programme

SECTION B - Elements of statistical analysis applied to particle physics experiments - Experiments and results at LEP - Higgs boson searches and mentions of BSM searches at colliders - Examples of experimental neutrino physics and Dark Matter searches - b-jet identification and top quark measurements - Complex detectors: magnetic spectrometers, particle identification, large detectors - Scintillators and optical devices (PMT, APD, SiPM). Solid state detectors. Multi-wire proportional chambers. - E.m. and hadronic calorimetry - Trigger systems and menus at modern experiments - ROOT analysis software tutorial

Reference books

TEXTS: (Leo W.R.)Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.)Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.)The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Additional slides and papers will be uploaded on the Course web page

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)

(FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI MOD. A)

Docente: SALAMANNA GIUSEPPE

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza della meccanica quantistica e della teoria della relatività ristretta, con particolare riferimento alle trasformazioni di Lorentz, quantità invarianti, operazioni su quadri-vettori. E' consigliabile aver assimilato gli argomenti del corso di Fisica Teorica 1.

Programma

MODULO A a) parte generale/strumenti formali: - Equazioni quantistiche relativistiche, regole di selezione, sezioni d'urto e risonanze. - Principi di invarianza e leggi di conservazione, trasformazioni continue e discrete, parità, coniugazione di carica, inversione temporale. b) prima fenomenologia, adroni: - Isospin forte, stranezza. Isospin del pione e misure correlate. - Plot di Dalitz e loro interpretazione. Puzzle Theta-tau - Richiami sul modello a quark. - Modello a partoni, densità di quark e antiquark. c) interazioni elettro-deboli, decadimenti, mescolamento dei sapori: - Hamiltoniana e fenomenologia delle interazioni deboli. Vincoli sperimentali da esp. di Wu (violazione P) e di Goldhaber (elicita' neutrino) - Angolo di Cabibbo, meccanismo GIM e scoperta del charm. Scoperta del leptone tau. "November revolution" del 1974 - Modello standard delle interazioni elettrodeboli e sue verifiche: scoperta delle correnti neutre, esp. Gargamelle. UA1/UA2 e scoperta dei bosoni W e dello Z. - Violazione della simmetria CP, mescolamento di sapori pesanti. Cenni a B-factories e misure degli angoli CKM da mesoni B. - Fisica dei neutrini dalla teoria di Fermi ad oggi con particolare riguardo per le oscillazioni di neutrino. d) QCD: anatomia e all'opera ai moderni collisionatori: - Cromo-dinamica quantistica, colore, gluoni, confinamento, urti profondamente anelastici. - Evoluzioni di eventi a collisionatori adronici, cascata partonica, algoritmi e misure dei jet a Tevatron. e) Cenni alle strumentazioni sperimentali, anche per teorici - Interazioni della radiazione con la materia. Tecniche di base della rivelazione delle particelle.

Testi

TESTI: (Leo W.R.)Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.)Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.)The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Lucidi e articoli verranno forniti e caricati sulla pagina del corso.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso viene tenuto principalmente con lezioni frontali, al fine di garantire l'apprendimento dei contenuti, come delineato nella sezione "Obiettivi formativi". Verrà spesso seguito un approccio "storico", in base al quale si introdurranno le conoscenze per come la comunità scientifica le ha acquisite sperimentalmente ed integrate in una teoria comprensiva, il Modello Standard. Alle lezioni frontali alla lavagna si alterneranno alcune lezioni con lucidi, laddove sia importante mostrare grafici e/o apparati sperimentali. Al fine di abituare gli studenti alla lettura critica della letteratura scientifica di settore ed alla descrizione dei set-up sperimentali, durante le lezioni saranno anche forniti e discussi articoli scientifici sulle più rilevanti misure dagli anni '50 ad oggi. Il modulo B sarà prevalentemente effettuato per mezzo di lucidi ed articoli di sviluppo di strumentazione. Il tutorial su ROOT sarà interattivo al computer.

Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale. Si parte da una presentazione da parte dello studente, in cui si illustra, discute criticamente una misura di fisica delle particelle; oppure si illustra un aspetto della fenomenologia mostrando le principali misure che lo studiano. Gli studenti possono prendere a spunto un articolo o svolgere una loro sintesi coerente di più articoli, una parte sperimentale e' sempre richiesta anche per i teorici. L'esame prosegue poi con domande sulla presentazione e, successivamente, integrando con domande su altre parti del corso per sondare la solidità delle conoscenze; e per vagliare la capacità dello studente di ricollegare tra di loro i vari aspetti della fisica delle particelle elementari

English

Prerequisites

The student will master quantum mechanics and the rules of special relativity, with particular reference to Lorentz transformations, invariant kinematic quantities and operations on four-vectors. It is recommended that the student is familiar with the topics covered in the course "Fisica Teorica 1"

Programme

SECTION A a) intro and formal tools: - Relativistic equations, selection rules, cross sections and resonances - Invariance principles and conservation rules, continuous and discrete transformations, Parity, Charge conjugation, Time inversion b) early phenomenology, hadrons: - Strong isospin, Strangeness. Pion isospin and its expt. determination - Dalitz plots and their interpretation. Theta-tau puzzle. - Quark model, mentions - Parton model, quark and anti-quark density c) Electro-weak interactions, decays, flavour mixing - Hamiltonian and phenomenology of weak interactions. Experimental constraints from Wu (P violation) and Goldhaber (neutrino helicity) - Cabibbo angle, GIM mechanism. Discovery of the charm quark and tau lepton. The 1974 "November revolution" - Standard model of electro-weak interactions and their experimental confirmations: discovery of neutral currents, Gargamelle expt. W and Z bosons discovery and UA1,2 - CP violation, meson mixing. Mentions to B-factories and measurement of CKM angles from B mesons - Evolution of events at hadronic colliders, parton shower, jet algorithms and related measurements - Neutrino physics from the Fermi theory to the current day: particularly neutrino oscillations d) QCD: anatomy and at work at modern colliders: - QCD, colour, gluons, confinement, DIS - Evolution of events at hadron colliders, parton showers, algorithms, measurements with jets at Tevatron. e) Intro to experimental tools, also useful for theorists - Radiation - matter interactions. Basics of particle detection techniques

Reference books

TEXTS: (Leo W.R.)Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.)Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.)The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Additional slides and papers will be uploaded on the Course web page

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)

(FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI - MOD. B)

Docente: PETRUCCI FABRIZIO

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza della meccanica quantistica e della teoria della relatività ristretta, con particolare riferimento alle trasformazioni di Lorentz, quantità invariante, operazioni su quadri-vettori. E' consigliabile aver assimilato gli argomenti del corso di Fisica Teorica 1.

Programma

MODULO B - Elementi di statistica applicata agli esperimenti di fisica subnucleare. - Esperimenti e misure a LEP. - Ricerche del bosone di Higgs e cenni a ricerche di fisica oltre il modello standard agli acceleratori - Esempi di esperimenti di fisica del neutrino e ricerche di Materia Oscura. - Identificazione di jet da quark b (btagging) e fisica dei quark top. - Strumentazione complessa: gli spettrometri magnetici, i sistemi di identificazione di particella, grandi apparati sperimentali. - Rivelatori a scintillazione e rivelatori ottici (PMT, APD, SiPM). Rivelatori a stato solido. Camere proporzionali a multi-fili. - Calorimetria e.m. ed adronica. - Sistemi e menu di trigger agli esperimenti moderni. - Elementi di utilizzo del codice di analisi ROOT.

Testi

(Leo W.R.)Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.)Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.)The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Lucidi e articoli verranno forniti e caricati sulla pagina del corso.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso viene tenuto principalmente con lezioni frontali, al fine di garantire l'apprendimento dei contenuti, come delineato nella sezione "Obiettivi formativi". Verrà spesso seguito un approccio "storico", in base al quale si introdurranno le conoscenze per come la comunità scientifica le ha acquisite sperimentalmente ed integrate in una teoria comprensiva, il Modello Standard. Alle lezioni frontali alla lavagna si alterneranno alcune lezioni con lucidi, laddove sia importante mostrare grafici e/o apparati sperimentali. Al fine di abituare gli studenti alla lettura critica della letteratura scientifica di settore ed alla descrizione dei set-up sperimentali, durante le lezioni saranno anche forniti e discussi articoli scientifici sulle più rilevanti misure dagli anni '50 ad oggi. Il modulo B sarà prevalentemente effettuato per mezzo di lucidi ed articoli di sviluppo di strumentazione. Il tutorial su ROOT sarà interattivo al computer.

Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale. Si parte da una presentazione da parte dello studente, in cui si illustra, discute criticamente una misura di fisica delle particelle; oppure si illustra un aspetto della fenomenologia mostrando le principali misure che lo studiano. Gli studenti possono prendere a spunto un articolo o svolgere una loro sintesi coerente di più articoli, una parte sperimentale e' sempre richiesta anche per i teorici. L'esame prosegue poi con domande sulla presentazione e, successivamente, integrando con domande su altre parti del corso per sondare la solidità delle conoscenze; e per vagliare la capacità dello studente di ricollegare tra di loro i vari aspetti della fisica delle particelle elementari

English

Prerequisites

The student will master quantum mechanics and the rules of special relativity, with particular reference to Lorentz transformations, invariant kinematic quantities and operations on four-vectors. It is recommended that the student is familiar with the topics covered in the course "Fisica Teorica 1"

Programme

SECTION B - Elements of statistical analysis applied to particle physics experiments - Experiments and results at LEP - Higgs boson searches and mentions of BSM searches at colliders - Examples of experimental neutrino physics and Dark Matter searches - b-jet identification and top quark measurements - Complex detectors: magnetic spectrometers, particle identification, large detectors - Scintillators and optical devices (PMT, APD, SiPM). Solid state detectors. Multi-wire proportional chambers. - E.m. and hadronic calorimetry - Trigger systems and menus at modern experiments - ROOT analysis software tutorial

Reference books

(Leo W.R.)Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.)Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.)The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Additional slides and papers will be uploaded on the Course web page

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402217 - FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI (MOD. A+B)

(FISICA DELLE PARTICELLE ELEMENTARI MOD. A)

Docente: PETRUCCI FABRIZIO

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza della meccanica quantistica e della teoria della relatività ristretta, con particolare riferimento alle trasformazioni di Lorentz, quantità invarianti, operazioni su quadri-vettori. È consigliabile aver assimilato gli argomenti del corso di Fisica Teorica 1.

Programma

MODULO A a) parte generale/strumenti formali: - Equazioni quantistiche relativistiche, regole di selezione, sezioni d'urto e risonanze. - Principi di invarianza e leggi di conservazione, trasformazioni continue e discrete, parità, coniugazione di carica, inversione temporale. b) prima fenomenologia, adroni: - Isospin forte, stranezza. Isospin del pione e misure correlate. - Plot di Dalitz e loro interpretazione. Puzzle Theta-tau - Richiami sul modello a quark. - Modello a partoni, densità di quark e antiquark. c) interazioni elettro-deboli, decadimenti, mescolamento dei sapori: - Hamiltoniana e fenomenologia delle interazioni deboli. Vincoli sperimentali da esp. di Wu (violazione P) e di Goldhaber (elicita' neutrino) - Angolo di Cabibbo, meccanismo GIM e scoperta del charm. Scoperta del leptone tau. "November revolution" del 1974 - Modello standard delle interazioni elettrodeboli e sue verifiche: scoperta delle correnti neutre, esp. Gargamelle. UA1/UA2 e scoperta dei bosoni W e dello Z. - Violazione della simmetria CP, mescolamento di sapori pesanti. Cenni a B-factories e misure degli angoli CKM da mesoni B. - Fisica dei neutrini dalla teoria di Fermi ad oggi con particolare riguardo per le oscillazioni di neutrino. d) QCD: anatomia e all'opera ai moderni collisionatori: - Cromo-dinamica quantistica, colore, gluoni, confinamento, urti profondamente anelastici. - Evoluzioni di eventi a collisionatori adronici, cascata partonica, algoritmi e misure dei jet a Tevatron. e) Cenni alle strumentazioni sperimentali, anche per teorici - Interazioni della radiazione con la materia. Tecniche di base della rivelazione delle particelle.

Testi

(Leo W.R.)Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.)Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.)The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Lucidi e articoli verranno forniti e caricati sulla pagina del corso.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso viene tenuto principalmente con lezioni frontali, al fine di garantire l'apprendimento dei contenuti, come delineato nella sezione "Obiettivi formativi". Verrà spesso seguito un approccio "storico", in base al quale si introdurranno le conoscenze per come la comunità scientifica le ha acquisite sperimentalmente ed integrate in una teoria comprensiva, il Modello Standard. Alle lezioni frontali alla lavagna si alterneranno alcune lezioni con lucidi, laddove sia importante mostrare grafici e/o apparati sperimentali. Al fine di abituare gli studenti alla lettura critica della letteratura scientifica di settore ed alla descrizione dei set-up sperimentali, durante le lezioni saranno anche forniti e discussi articoli scientifici sulle più rilevanti misure dagli anni '50 ad oggi. Il modulo B sarà prevalentemente effettuato per mezzo di lucidi ed articoli di sviluppo di strumentazione. Il tutorial su ROOT sarà interattivo al computer.

Modalità di valutazione

La verifica dell'apprendimento avviene attraverso una prova orale. Si parte da una presentazione da parte dello studente, in cui si illustra, discute criticamente una misura di fisica delle particelle; oppure si illustra un aspetto della fenomenologia mostrando le principali misure che lo studiano. Gli studenti possono prendere a spunto un articolo o svolgere una loro sintesi coerente di più articoli, una parte sperimentale e' sempre richiesta anche per i teorici. L'esame prosegue poi con domande sulla presentazione e, successivamente, integrando con domande su altre parti del corso per sondare la solidità delle conoscenze; e per vagliare la capacità dello studente di

ricollegare tra di loro i vari aspetti della fisica delle particelle elementari

English

Prerequisites

The student will master quantum mechanics and the rules of special relativity, with particular reference to Lorentz transformations, invariant kinematic quantities and operations on four-vectors. It is recommended that the student is familiar with the topics covered in the course "Fisica Teorica 1"

Programme

SECTION A a) intro and formal tools: - Relativistic equations, selection rules, cross sections and resonances - Invariance principles and conservation rules, continuous and discrete transformations, Parity, Charge conjugation, Time inversion b) early phenomenology, hadrons: - Strong isospin, Strangeness. Pion isospin and its expt. determination - Dalitz plots and their interpretation. Theta-tau puzzle. - Quark model, mentions - Parton model, quark and anti-quark density c) Electro-weak interactions, decays, flavour mixing - Hamiltonian and phenomenology of weak interactions. Experimental constraints from Wu (P violation) and Goldhaber (neutrino helicity) - Cabibbo angle, GIM mechanism. Discovery of the charm quark and tau lepton. The 1974 "November revolution" - Standard model of electro-weak interactions and their experimental confirmations: discovery of neutral currents, Gargamelle expt. W and Z bosons discovery and UA1,2 - CP violation, meson mixing. Mentions to B-factories and measurement of CKM angles from B mesons - Evolution of events at hadronic colliders, parton shower, jet algorithms and related measurements - Neutrino physics from the Fermi theory to the current day: particularly neutrino oscillations d) QCD: anatomy and at work at modern colliders: - QCD, colour, gluons, confinement, DIS - Evolution of events at hadron colliders, parton showers, algorithms, measurements with jets at Tevatron. e) Intro to experimental tools, also useful for theorists - Radiation - matter interactions. Basics of particle detection techniques

Reference books

(Leo W.R.) Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments [Springer-Verlag 1994] (Perkins D.H.) Introduction to High Energy Physics, 4th edition, [Cambridge University Press, 2000] (Cahn R.N. and Goldhaber G.) The experimental Foundations of Particle Physics [Cambridge University Press, 1989] (Halzen F., Martin A.D.) Quarks and leptons [Wiley] Additional slides and papers will be uploaded on the Course web page

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410051 - FISICA DELLE SUPERFICI E INTERFACCE

Docente: OFFI FRANCESCO

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza dei principi di fisica della materia condensata

Programma

- Superficie di un solido e interfaccia solido/solido: nozioni generali, sviluppo storico e applicazioni - Termodinamica, cristallografia e struttura: reticoli bi-dimensionali e superstrutture, reticolo reciproco e zone di Brillouin, tensione superficiale e forma dei cristalli, difetti strutturali, rilassamento e ricostruzione, interfacce solido/solido, nucleazione e crescita di film sottili, analisi della struttura di una superficie mediante diffrazione di elettroni - Proprietà elettroniche: stati elettronici di superficie, bande tridimensionali, mappatura delle bande con la tecnica di fotoemissione, stati immagine e surface core level shift, stati elettronici nei semiconduttori, la funzione lavoro, vibrazioni di superficie e adsorbati, metodi di osservazione di fononi di superficie, plasmoni di superficie e polaritoni - Adsorbimento, desorbimento e diffusione: fisisorbimento e chemisorbimento, adsorbimento dissociativo, adsorbimento e funzione lavoro, interazioni tra specie adsorbate, transizioni di fase bi-dimensionali, cinetica di adsorbimento, desorbimento. Diffusione su una superficie: leggi di Flick, meccanismi e anisotropia di diffusione, diffusione atomica e di cluster - Tecniche sperimentali: nozioni generali di ultra alto vuoto (UHV), sistemi di pompaggio, componenti da vuoto, preparazione di una superficie pulita, tecniche di deposizione in vuoto - Magnetismo di superficie: struttura elettronica e anisotropia nei materiali ferromagnetici, magnetizzazione e anisotropia magnetica di superficie, fotoemissione polarizzata in spin, dicroismo magnetico, microscopio a fotoemissione di elettroni per rivelare domini magnetici

Testi

- Philip Hofmann, Surface Physics - Hans Lüth, Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films (Springer-Verlag, 2010) - K. Oura, et al., Surface Science, An Introduction (Springer-Verlag, 2003) - Andrew Zangwill, Physics at Surfaces (Cambridge University press, 1992) - Gabor A. Somorjai, Introduction to surface chemistry and catalysis (Wiley, 2010)

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il docente illustra gli argomenti del corso attraverso la proiezione su schermo delle lezioni che vengono successivamente fornite agli studenti.

Modalità di valutazione

Gli studenti vengono valutati attraverso una prova finale orale, in cui viene richiesto di illustrare uno o più argomenti descritti durante il

corso. E' prevista anche una valutazione in itinere, in cui viene richiesto agli studenti di descrivere specifici argomenti del corso concordati con gli studenti stessi.

English

Prerequisites

Knowledge of the fundamentals of condensed matter physics

Programme

- Surface of a solid and solid/solid interface: general notions, historical development and applications - Thermodynamics, crystallography and structure: two-dimensional lattices and superstructures; reciprocal lattice and Brillouin zone - surface tension and crystals shape; structural defects; relaxation and reconstruction; solid/solid interfaces; nucleation and thin film growth, low energy electron diffraction to investigate surface structure - Electronic properties: surface electronic states; three-dimensional bands; band mapping with the photoemission technique; image states and core level shift; electronic states in semiconductors; the work function; surface and adsorbed vibrations; surface phonon observation methods; surface plasmons and polaritons - Adsorption and desorption: physisorption and chemisorption; dissociative adsorption; adsorption and work function; interactions between adsorbed species; bi-dimensional phase transitions; adsorption kinetics; desorption. Surface diffusion: Flick laws, mechanisms and anisotropy of diffusion, atomic and cluster diffusion - Experimental techniques: general concepts of ultra high vacuum; pumping systems; vacuum components; preparation of a clean surface; vacuum deposition techniques - Surface magnetism: electronic structure and anisotropy in ferromagnetic materials; magnetization and magnetic surface anisotropy; spin-polarized photoemission; magnetic dichroism; photoemission electron microscope for detecting magnetic domains - Microscopy: scanning and transmission electron microscope; probe scanning microscopy: scanning tunneling microscope and atomic force microscope

Reference books

- Philip Hofmann, Surface Physics - Hans Lüth, Solid Surfaces, Interfaces and Thin Films (Springer-Verlag, 2010) - K. Oura, et al., Surface Science, An Introduction (Springer-Verlag, 2003) - Andrew Zangwill, Physics at Surfaces (Cambridge University press, 1992) - Gabor A. Somorjai, Introduction to surface chemistry and catalysis (Wiley, 2010)

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410581 - FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

Docente: DI MICCO BIAGIO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Programma: 1. Principi di invarianza e leggi di conservazione. 2. simmetrie discrete e continue; 3. equazioni relativistiche: Klein-Gordon, Dirac 4. soluzioni ad energia negativa, elicità, spin, soluzioni per massa nulla, i neutrini 5. teoria delle perturbazioni relativistica, hamiltoniana di interazione, grafici di Feynman, propagatore come funzione di Green; 6. trasformazioni di Lorentz, sistema di laboratorio e del centro di massa, massa invariante, cinematica delle reazioni, soglia di reazione; 7. campi di interazione, modello di Yukawa; 8. raggi cosmici primari e secondari, il muone: decadimento, massa e vita media; 9. cinematica dei decadimenti, combinazione dei momenti angolari, coefficienti di Clebsch-Gordan, simmetria dell'isospin; 10. larghezze di decadimento e confronto tra elementi di matrice, leggi di conservazione; 11. densità dello spazione della fasi, sezione d'urto di Scattering, fattori di flusso, fattore dello spazie delle fasi invariante, elementi di matrice di scattering; 12. il pione: carica, spin, parità, coniugazione di carica, isospin; 13. particelle strane, iperoni, interazione dei mesoni K; 14: barioni strani, ottetti mesonici e barionici, simmetria SU(3), ipercarica, diagrammi di Young; 15: scoperta dell'anti-protone, gli anti-barioni, la risonanza Delta; 16: risonanze adroniche e mesoniche, modella a Quarks; 17: rappresentazione del mesoni nel modello a quarks 18: scattering da potenziale, soluzione dell'equazione di Schroedinger per onde sferiche; 19: sezione d'urto di diffusione e assorbimento, limite di unitarietà, teorema ottico; 20: sezione d'urto risonante, formula di Breit-Wigner, masse dei barioni con formula di Gell-Man Okubo; 21: il numero quantico di colore, rappresentazioni SU(3) di colore, relazioni tra spin e multipletti di SU(3); 22: l'interazione debole, violazione della parità, esperimento di madame Wu; 23: oscillazione dei mesoni K, l'angolo di Cabibbo, il meccanismo GIM; 23: scoperta dei quark charm e beauty; 24: decadimento dei mesoni D e B, diagrammi di Feynman, relazioni di isospin; 25: fasci di neutrini, sapore dei neutrini, scoperta del neutrino tau; 25: le macchine acceleratrici e+, e-, sezione d'urto di produzione adronica, il rapporto R e il numero di quarks e colori; 26: misura dell'elicità del neutrino, scoperta dell'anti-neutrino; 27: deep inelastic scattering, funzioni di distribuzione partoniche; 27: collisori adronici, protone-anti-protone e protone-protone: scoperta dei bosoni W e Z; 28: il bosone di Higgs

Testi

1. dispense del corso, reperibili sul sito del corso; 2. F. Halzen, A. D. Martin, "An Introductory Course in Modern Particle Physics" 3. D. Schroeder, M. Peskin, "An Introduction to Quantum Field Theory" 4. S. Weinberg, "The Quantum Theory of Fields"

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni si svolgeranno in modo frontale con l'ausilio della lavagna a gesso per l'illustrazione dei concetti di base, lo svolgimento dei

passaggi atematici necessari e di un video proiettore per la visualizzazione degli schemi apparati sperimentali, grafici e tabelle. Le esercitazioni sono effettuate altresì alla lavagna per la proposizione degli esercizi e la loro soluzione.

Modalità di valutazione

L'esame comprende una prova per iscritto in cui gli studenti dovranno effettuare il calcolo della sezione d'urto di alcuni processi elementari, risolvere esercizi di cinematica relativistica, rispondere a domande a risposta aperta e chiusa sulle nozioni fondamentali illustrate durante lo svolgimento delle lezioni. Gli studenti che superano con successo la prova scritta sono ammessi all'esame orale dove dovranno illustrare i concetti appresi, mostrando padronanza degli argomenti trattati e capacità di elaborazione dei concetti e delle metodologie acquisite applicandole a configurazioni sperimentali ideali o agli esperimenti trattati durante il corso.

English

Prerequisites

none

Programme

Program: 1. Principles of invariance and conservation laws. 2. discrete and continuous symmetries; 3. relativistic equations: Klein-Gordon, Dirac 4. negative energy solutions, helicity, spin, solutions for zero mass, neutrinos 5. relativistic perturbation theory, interaction Hamiltonian, Feynman graphs, propagator as a Green function; 6. Lorentz transformations, laboratory and center of mass system, invariant mass, reaction kinematics, reaction threshold; 7. fields of interaction, Yukawa model; 8. primary and secondary cosmic rays, the muon: decay, mass and average life; 9. kinematics of decays, combination of angular moments, Clebsch-Gordan coefficients, symmetry of the isospin; 10. decay widths and comparison between matrix elements, laws of storage; 11. phase spaction density, Scattering cross section, flux, factor of the space and of the invariant phases, scattering matrix elements; 12. the pion: charge, spin, parity, charge conjugation, isospin; 13. strange particles, hyperons, interaction of the K mesons; 14: strange baryons, mesonic and baryonic octets, SU (3) symmetry, hypercharge, Young's diagrams; 15: discovery of the anti-proton, the anti-baryons, the Delta resonance; 16: hadronic and mesonic resonances, model at Quarks; 17: representation of the mesons in the quarks model 18: potential scattering, solution of the Schroedinger equation for waves spherical; 19: diffusion and absorption cross section, unitarity limit, optical theorem; 20: resonant cross section, Breit-Wigner formula, baryon masses with Gell-Man Okubo formula; 21: the color quantum number, SU (3) representations of color, relationships between spin and SU (3) multiplets; 22: weak interaction, parity violation, madame Wu experiment; 23: oscillation of the K mesons, the Cabibbo angle, the GIM mechanism; 23: discovery of the charm and beauty quarks; 24: decay of D and B mesons, Feynman diagrams, isospin relations; 25: neutrino beams, neutrino flavor, discovery of the neutrino tau; 25: the accelerating machines $e^+ e^-$, hadronic impact section, the ratio R and the number of quarks and colors; 26: measurement of the helicity of the neutrino, discovery of the anti-neutrino; 27: deep inelastic scattering, parton distribution functions; 27: hadronic colliders, proton-anti-proton and proton-proton: discovery of the W and Z bosons; 28: the Higgs boson

Reference books

1. course notes, available on the course website; 2. F. Halzen, A. D. Martin, "An Introductory Course in Modern Particle Physics" 3. D. Schroeder, M. Peskin, "An Introduction to Quantum Field Theory" 4. S. Weinberg, "The Quantum Theory of Fields"

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410581 - FISICA SPERIMENTALE DELLE INTERAZIONI FONDAMENTALI

Docente: ORESTANO DOMIZIA

Italiano

Prerequisites

nessuno

Programma

Programma: 1. Principi di invarianza e leggi di conservazione. 2. simmetrie discrete e continue; 3. equazioni relativistiche: Klein-Gordon, Dirac 4. soluzioni ad energia negativa, elicità, spin, soluzioni per massa nulla, i neutrini 5. teoria delle perturbazioni relativistica, hamiltoniana di interazione, grafici di Feynman, propagatore come funzione di Green; 6. trasformazioni di Lorentz, sistema di laboratorio e del centro di massa, massa invariante, cinematica delle reazioni, soglia di reazione; 7. campi di interazione, modello di Yukawa; 8. raggi cosmici primari e secondari, il muone: decadimento, massa e vita media; 9. cinematica dei decadimenti, combinazione dei momenti angolari, coefficienti di Clebsch-Gordan, simmetria dell'isospin; 10. larghezze di decadimento e confronto tra elementi di matrice, leggi di conservazione; 11. densità dello spazio della fasi, sezione d'urto di Scattering, fattori di flusso, fattore dello spazio delle fasi invariante, elementi di matrice di scattering; 12. il pione: carica, spin, parità, coniugazione di carica, isospin; 13. particelle strane, iperoni, interazione dei mesoni K; 14: barioni strani, ottetti mesonici e barionici, simmetria SU(3), ipercarica, diagrammi di Young; 15: scoperta dell'anti-protoni, gli anti-barioni, la risonanza Delta; 16: risonanze adroniche e mesoniche, modello a Quarks; 17: rappresentazione dei mesoni nel modello a quarks 18: scattering da potenziale, soluzione dell'equazione di Schroedinger per onde sferiche; 19: sezione d'urto di diffusione e assorbimento, limite di unitarietà, teorema ottico; 20: sezione d'urto risonante, formula di Breit-Wigner, masse dei barioni con formula di Gell-Man Okubo; 21: il numero quantico di colore, rappresentazioni SU(3) di colore, relazioni tra spin e multipletti di SU(3); 22: l'interazione debole, violazione della parità, esperimento di madame Wu; 23: oscillazione dei mesoni K, l'angolo di Cabibbo, il meccanismo GIM; 23: scoperta dei quark charm e beauty; 24: decadimento dei mesoni D e B, diagrammi di Feynman, relazioni di isospin; 25: fasci di neutrini, sapore dei neutrini, scoperta del neutrino tau; 25: le macchine acceleratrici $e^+ e^-$, sezione d'urto di produzione adronica, il rapporto R e il numero di quarks e colori; 26: misura dell'elicità del neutrino, scoperta dell'anti-neutrino; 27: deep inelastic scattering, funzioni di distribuzione partoniche; 27: collisori adronici, protone-anti-protone e

protone-protone: scoperta dei bosoni W e Z; 28: il bosone di Higgs

Testi

1. dispense del corso, reperibili sul sito del corso; 2. F. Halzen, A. D. Martin, "An Introductory Course in Modern Particle Physics" 3. D. Schroeder, M. Peskin, "An Introduction to Quantum Field Theory" 4. S. Weinberg, "The Quantum Theory of Fields"

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni si svolgeranno in modo frontale con l'ausilio della lavagna a gesso per l'illustrazione dei concetti di base, lo svolgimento dei passaggi atematici necessari e di un video proiettore per la visualizzazione degli schemi apparati sperimentali, grafici e tabelle. Le esercitazioni sono effettuate altresì alla lavagna per la proposizione degli esercizi e la loro soluzione.

Modalità di valutazione

L'esame comprende una prova per iscritto in cui gli studenti dovranno effettuare il calcolo della sezione d'urto di alcuni processi elementari, risolvere esercizi di cinematica relativistica, rispondere a domande a risposta aperta e chiusa sulle nozioni fondamentali illustrate durante lo svolgimento delle lezioni. Gli studenti che superano con successo la prova scritta sono ammessi all'esame orale dove dovranno illustrare i concetti appresi, mostrando padronanza degli argomenti trattati e capacità di elaborazione dei concetti e delle metodologie acquisite applicandole a configurazioni sperimentali ideali o agli esperimenti trattati durante il corso.

English

Prerequisites

none

Programme

Program: 1. Principles of invariance and conservation laws. 2. discrete and continuous symmetries; 3. relativistic equations: Klein-Gordon, Dirac 4. negative energy solutions, helicity, spin, solutions for zero mass, neutrinos 5. relativistic perturbation theory, interaction Hamiltonian, Feynman graphs, propagator as a Green function; 6. Lorentz transformations, laboratory and center of mass system, invariant mass, reaction kinematics, reaction threshold; 7. fields of interaction, Yukawa model; 8. primary and secondary cosmic rays, the muon: decay, mass and average life; 9. kinematics of decays, combination of angular moments, Clebsch-Gordan coefficients, symmetry of the isospin; 10. decay widths and comparison between matrix elements, laws of storage; 11. phase space density, Scattering cross section, flux, factor of the space and of the invariant phases, scattering matrix elements; 12. the pion: charge, spin, parity, charge conjugation, isospin; 13. strange particles, hyperons, interaction of the K mesons; 14. strange baryons, mesonic and baryonic octets, SU (3) symmetry, hypercharge, Young's diagrams; 15. discovery of the anti-proton, the anti-baryons, the Delta resonance; 16. hadronic and mesonic resonances, model at Quarks; 17: representation of the mesons in the quarks model 18: potential scattering, solution of the Schroedinger equation for waves spherical; 19: diffusion and absorption cross section, unitarity limit, optical theorem; 20: resonant cross section, Breit-Wigner formula, baryon masses with Gell-Man Okubo formula; 21: the color quantum number, SU (3) representations of color, relationships between spin and SU (3) multiplets; 22: weak interaction, parity violation, madame Wu experiment; 23: oscillation of the K mesons, the Cabibbo angle, the GIM mechanism; 23: discovery of the charm and beauty quarks; 24: decay of D and B mesons, Feynman diagrams, isospin relations; 25: neutrino beams, neutrino flavor, discovery of the neutrino tau; 25: the accelerating machines $e^+ e^-$, hadronic impact section, the ratio R and the number of quarks and colors; 26: measurement of the helicity of the neutrino, discovery of the anti-neutrino; 27: deep inelastic scattering, parton distribution functions; 27: hadronic colliders, proton-anti-proton and proton-proton: discovery of the W and Z bosons; 28: the Higgs boson

Reference books

1. course notes, available on the course website; 2. F. Halzen, A. D. Martin, "An Introductory Course in Modern Particle Physics" 3. D. Schroeder, M. Peskin, "An Introduction to Quantum Field Theory" 4. S. Weinberg, "The Quantum Theory of Fields"

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401904 - FISICA TEORICA I

Canale:N0

Docente: DEGRASSI GIUSEPPE

Italiano

Prerequisiti

Conoscenza delle equazioni di Maxwell e delle onde elettromagnetiche. Conoscenza della meccanica quantistica non relativistica.

Programma

Relatività ristretta ed elettromagnetismo Richiami di relatività ristretta: trasformazioni di Lorentz, addizione delle velocità, aberrazione della luce. Rappresentazione grafica di Minkowski: classificazione degli intervalli, dilatazione dei tempi, contrazione delle lunghezze, causalità. Caratterizzazione completa delle trasformazioni delle coordinate che lasciano invariato l'intervallo spazio-temporale pseudoeuclideo: gruppo di Poincaré, gruppo di Lorentz e loro struttura. Elementi di calcolo quadritensoriale: scalari, vettori controvarianti, vettori covarianti, tensori, pseudotensori, prodotto scalare, contrazioni tensoriali. Legge di trasformazione dei campi,

quadrigradiente. Elementi di meccanica relativistica: quadrivelocità, quadriaccelerazione, quadrimpulso, quadrivettore forza e legge della potenza. Formulazione covariante dell'equazione di Lorentz e tensore del campo elettromagnetico. Proprietà di trasformazione dei campi elettrico e magnetico. Formulazione covariante delle equazioni di Maxwell. Potenziale vettore, potenziale scalare, quadripotenziale. Equazioni di Maxwell in termini del quadripotenziale. Invarianza di gauge. Invarianti del campo elettromagnetico. Campo creato da una carica in moto uniforme: derivazione dal campo elettrostatico mediante una trasformazione di Lorentz. Bilancio energetico nel formalismo trivettoriale: densità di energia, vettore di Poynting. Bilancio energetico nel formalismo covariante: tensore energia ed impulso. Leggi di conservazione: conservazione del quadrimpulso totale e tensore degli sforzi di Maxwell. Conservazione del momento angolare totale. Equazioni di Maxwell nel vuoto per il quadripotenziale nella gauge di Lorentz e loro soluzione generale. Soluzioni di tipo onda piana delle equazioni di Maxwell nel vuoto e loro proprietà. Densità e flusso di energia di un'onda piana. Pressione della radiazione. Formulazione covariante della polarizzazione. Equazione per il quadripotenziale in presenza di sorgenti. Funzione di Green. Potenziali e campi di Lienard e Wiechert. Potenza irradiata in approssimazione non relativistica e relativistica. Sezione d'urto Thomson. Effetto Compton. Effetto Cerenkov. Meccanica quantistica relativistica. Equazione di Dirac. Covarianza dell'equazione. Limite non relativistico. Covarianti bilineari. Soluzioni dell'equazione di Dirac. Proiettori per le soluzioni ad energia positiva e negativa. Elicità e chiralità. Teoria dei campi quantizzati Il campo elettromagnetico libero come insieme di oscillatori armonici. Quantizzazione del campo in gauge di radiazione. Operatori di creazione ed annichilazione. Richiami di meccanica quantistica: oscillatore armonico, rappresentazione di Heisenberg, operatore di evoluzione temporale, prodotto cronologico. Formalismo lagrangiano dal discreto al continuo. Quantizzazione del campo. Commutatori canonici. Simmetrie e teorema della Noether. Invarianza per traslazioni spazio-temporali. Tensore energia-impulso. Simmetrie interne. Lagrangiano del campo scalare reale e complesso, sua quantizzazione. Prodotti ordinati. Invarianza globale e locale. Lagrangiano del campo di Dirac. Quantizzazione. Anticommutatori canonici. Quantizzazione del campo elettromagnetico. La rappresentazione di interazione. Matrice S. Sviluppo perturbativo della matrice S. Teorema di Wick. Commutatori dei campi bosonici e fermionici a tempi arbitrari. Propagatori per il campo scalare e di Dirac. Propagatore del fotone. Introduzione alle regole di Feynman. Regole di Feynman in QED. Sezione d'urto. Processi ad ordine albero: e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, diffusione in campo esterno.

Testi

V. Barone: Relatività, Bollati Boringhieri. F. Mandl, G. Shaw: Quantum Field Theory, John Wiley & Sons.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni ed esercitazioni frontali alla lavagna. Svolgimento di esempi illustrativi della teoria presentata.

Modalità di valutazione

L'esame consisterà in una prova orale su entrambe le parti del corso. E' possibile portare all'esame orale solo la parte di meccanica quantistica relativistica e teoria dei campi se lo studente supera l'esonero sulla parte di Relatività ed elettromagnetismo che viene svolto alla fine della prima parte. Nel caso lo studente non abbia superato l'esonero di Relatività nella prova orale verrà chiesto di risolvere un esercizio di Relatività o elettromagnetismo.

English

Prerequisites

Knowledge of Maxwell equations and of the electromagnetic waves. Knowledge of non-relativistic quantum mechanics.

Programme

Special Relativity and Electromagnetism. Lorentz transformations, Minkowski plane, Poincaré and Lorentz groups. Covariant and contravariant vectors, tensors, transformation law of the fields. Relativistic Dynamics: four-velocity, four-momentum, Minkowski force. Covariant formulation of Electromagnetism: transformation properties of the electric and magnetic fields, electromagnetic field tensor, covariant formulation of the Maxwell equations, four-potential, gauge invariance. Conservation laws: Maxwell stress tensor, energy-momentum tensor, conservation of energy, momentum and angular momentum. Solution of the Maxwell equations for the four-potential in the vacuum in the Lorentz gauge. Plane waves, radiation pressure. Lienard e Wiechert potentials. Radiated power. Thomson cross section. Compton effect. Cerenkov effect. Relativistic Quantum Mechanics Klein-Gordon equation. Dirac equation, non-relativistic limit. Covariance of the Dirac equation. Solutions of Dirac equation. Projectors for positive and negative energy solutions. Helicity. Chirality. Quantum Field Theory Quantization of the electromagnetic field in the radiation gauge. Creation and annihilation operators. Heisenberg representation. Lagrangian field theory, symmetry and conservation laws, Noether theorem. Field quantization. Lagrangian for a real and complex scalar field, quantization. Lagrangian for a Dirac field, quantization. Electromagnetic field, covariant quantization. Global and local invariance. Interaction picture. S-matrix and its expansion. Wick theorem. Commutators and propagators for bosonic and fermionic fields. Quantization of the electromagnetic field. Feynman diagrams and rules in QED. Tree-level processes: e^+e^- , $\mu^+\mu^-$, scattering by an external field.

Reference books

V. Barone: Relatività, Bollati Boringhieri. F. Mandl, G. Shaw: Quantum Field Theory, John Wiley & Sons.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402218 - FISICA TEORICA II

Canale:N0

Docente: DEGRASSI GIUSEPPE

Italiano

Prerequisiti

Fisica Teorica I

Programma

1. I Diagrammi di Feynman, processi ad ordine albero, simmetrie discrete Richiami sui diagrammi di Feynman ed il calcolo delle sezioni d'urto. Processi ad ordine albero: diffusione Bhabha, effetto Compton. Invarianza di gauge per la somma di diagrammi in QED. Rappresentazione chirale e di Majorana per le matrici di Dirac. Parità, coniugazione di carica, teorema di Furry, inversione temporale. 2. Correzioni Radiative Comportamento divergente di un integrale. Grado di divergenza di un diagramma. Teorie rinormalizzabili. Regolarizzazione alla Pauli-Villars. Calcolo dell'autoenergia di una particella scalare ad una loop e divergenze quadratiche. Rinormalizzazione di massa, funzione d'onda, vertice. Autoenergia dell'elettrone. QED Identità di Ward. Identità di Gordon. Regolarizzazione dimensionale. Calcolo ad una loop della polarizzazione del vuoto, Lamb shift, discussione qualitativa sul running delle costante di accoppiamento. Vertice in QED, momento magnetico anomalo dell'elettrone. Bremsstrahlung, divergenze infrarosse e loro cancellazione tra diagrammi reali e virtuali. 3. Teorie di Gauge Non Abelian Lagrangiano di Yang-Mills. Cromodinamica quantistica. Vertici a 3 e 4 gluoni. Propagatore di un bosone di gauge in una gauge arbitraria. Invarianza di gauge in teorie non abeliane. Running delle costante di accoppiamento forte, libertà asintotica. Interazioni deboli. Teoria di Fermi e bosone vettoriale intermedio. Propagatore del W. Decadimento del muone. Lagrangiano del Modello Standard. Angolo di mescolamento elettrodebole. Rottura spontanea della simmetria. Meccanismo di Higgs. Masse dei bosoni intermedi e dei fermioni. Matrice di mescolamento di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa

Testi

F. Mandl, G. Shaw: Quantum Field Theory, ed. John Wiley & Sons; M. Peskin, D. Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory, ed. Frontiers in Physics

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni ed esercitazioni frontali alla lavagna. Svolgimento di esempi illustrativi della teoria presentata.

Modalità di valutazione

Esame orale. Lo studente potrà sostenere l'esame orale solo dopo aver passato un prova scritta da svolgersi a casa.

English

Prerequisites

Theoretical Physics I

Programme

Feynman diagrams. Tree-level processes. Discrete symmetry Feynman diagrams and cross-sections. Bhabha and Compton scattering. Gauge invariance. Chiral and Majorana representations for the matrices. Parity, charge conjugation and time-reversal. Radiative Corrections Divergent behavior of an integral. Primitively divergent diagrams. Pauli-Villars regularization. Coupling, mass and wave-function renormalization in a scalar theory. QED. Ward identity. Dimensional regularization. Vacuum polarization and Lamb shift. Running of the coupling constant. Bremsstrahlung, infrared divergencies and their cancellation between real and virtual contributions. Non Abelian Gauge Theories Yang-Mills Lagrangian. QCD. Non Abelian gauge invariance. Running of the strong coupling. Asymptotic freedom. Weak Interactions. Fermi and IVB theories. W propagator. mu decay. Standard Model Lagrangian. Weak angle. Spontaneous symmetry breaking and Higgs mechanism. Mass of the intermediate vector bosons. CKM matrix

Reference books

F. Mandl, G. Shaw: Quantum Field Theory, ed. John Wiley & Sons; M. Peskin, D. Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory, ed. Frontiers in Physics

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402218 - FISICA TEORICA II

Canale:N0

Docente: MELONI DAVIDE

Italiano

Prerequisiti

Aver superato l'esame di Fisica Teorica I

Programma

1. I Diagrammi di Feynman, processi ad ordine albero, simmetrie discrete Richiami sui diagrammi di Feynman ed il calcolo delle sezioni d'urto. Processi ad ordine albero: diffusione Bhabha, effetto Compton. Invarianza di gauge per la somma di diagrammi in QED. Rappresentazione chirale e di Majorana per le matrici di Dirac. Parità, coniugazione di carica, teorema di Furry, inversione temporale. 2. Correzioni Radiative Comportamento divergente di un integrale. Grado di divergenza di un diagramma. Teorie rinormalizzabili. Regularizzazione alla Pauli-Villars. Calcolo dell'autoenergia di una particella scalare ad una loop e divergenze quadratiche. Rinormalizzazione di massa, funzione d'onda, vertice. Autoenergia dell'elettrone. QED Identità di Ward. Identità di Gordon. Regularizzazione dimensionale. Calcolo ad una loop della polarizzazione del vuoto, Lamb shift, discussione qualitativa sul running delle costante di accoppiamento. Vertice in QED, momento magnetico anomalo dell'elettrone. Bremsstrahlung, divergenze infrarosse e loro cancellazione tra diagrammi reali e virtuali. 3. Teorie di Gauge Non Abelian Lagrangiano di Yang-Mills. Cromodinamica quantistica. Vertici a 3 e 4 gluoni. Propagatore di un bosone di gauge in una gauge arbitraria. Invarianza di gauge in teorie non abeliane. Running delle costante di accoppiamento forte, libertà asintotica. Interazioni deboli. Teoria di Fermi e bosone vettoriale intermedio. Propagatore del W. Decadimento del muone. Lagrangiano del Modello Standard. Angolo di mescolamento elettrodebole. Rottura spontanea della simmetria. Meccanismo di Higgs. Masse dei bosoni intermedi e dei fermioni. Matrice di mescolamento di Cabibbo-Kobayashi-Maskawa

Testi

F. Mandl, G. Shaw: Quantum Field Theory, ed. John Wiley & Sons; M. Peskin, D. Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory, ed. Frontiers in Physics

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Lezioni ed esercitazioni frontali alla lavagna. Svolgimento di esempi illustrativi della teoria presentata.

Modalità di valutazione

Esame orale. Lo studente potrà sostenere l'esame orale solo dopo aver passato una prova scritta da svolgersi a casa.

English

Prerequisites

Have passed the exam of Theoretical Physics I

Programme

Feynman diagrams. Tree-level processes. Discrete symmetry Feynman diagrams and cross-sections. Bhabha and Compton scattering. Gauge invariance. Chiral and Majorana representations for the matrices. Parity, charge conjugation and time-reversal. Radiative Corrections Divergent behavior of an integral. Primitively divergent diagrams. Pauli-Villars regularization. Coupling, mass and wave-function renormalization in a scalar theory. QED. Ward identity. Dimensional regularization. Vacuum polarization and Lamb shift. Running of the coupling constant. Bremsstrahlung, infrared divergencies and their cancellation between real and virtual contributions. Non Abelian Gauge Theories Yang-Mills Lagrangian. QCD. Non Abelian gauge invariance. Running of the strong coupling. Asymptotic freedom. Weak Interactions. Fermi and IVB theories. W propagator. mu decay. Standard Model Lagrangian. Weak angle. Spontaneous symmetry breaking and Higgs mechanism. Mass of the intermediate vector bosons. CKM matrix

Reference books

F. Mandl, G. Shaw: Quantum Field Theory, ed. John Wiley & Sons; M. Peskin, D. Schroeder: An Introduction to Quantum Field Theory, ed. Frontiers in Physics

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410042 - FISICA TERRESTRE

Docente: PETTINELLI ELENA

Italiano

Prerequisiti

Competenze acquisite in corsi di fisica e matematica avanzati

Programma

La Terra nel Sistema Solare Titus-Bode Law. Pianeti terrestri e gassosi. Cenni sulla formazione del sistema solare. Cenni di chimica del sistema solare. Classificazione geochimica degli elementi. Formazione e differenziazione dei pianeti La Terra come Pianeta Definizione di pianeta. Leggi di Keplero. Caratteristiche generali: acqua liquida, atmosfera, dicotomia crostale, campo magnetico, dinamica interna. Massa, densità e momento d'inerzia della Terra Il problema della stima della densità media della Terra: cenni storici (da Newton a Poynting). L'esperimento di Cavendish in chiave moderna. Stima della massa della Terra e dei pianeti – Densità media della Terra. Richiami sul momento d'inerzia. Tensore dei momenti d'inerzia. Ellissoide e sferoide. Momento d'inerzia di una sfera solida a densità costante. Momenti d'inerzia e modelli di strutture planetarie. La forma e la gravità terrestre La forma (figure) della Terra..Ellissoide oblatto e schiacciamento polare. Forma della Terra e topografia. Forma della Terra e variazioni di g. Accelerazione e potenziale gravitazionale. Potenziale gravitazionale: equazione di Laplace. Potenziale gravitazionale in coordinate sferiche. Potenziale gravitazionale di una sfera solida a densità costante. Soluzione generale dell'equazione di Laplace in coordinate sferiche. Polinomi di

Legendre. Armoniche sferiche e coefficienti di Stokes. Equazione di MacCullagh e momenti d'inerzia. Ellitticità della forma (figure) della Terra. Il rapporto di accelerazione m (acceleration ratio). Il geopotenziale. Relazione fra J_2 , J_4 , m ed f . Calcolo del rapporto d'inerzia per la Terra. La gravità sullo sferoide di riferimento. Latitudine geocentrica e geografica. Formula di Clairaut. La gravità normale. Il geoide. Misure di g . Misure assolute e relative. Correzioni nella misura di g . Anomalie in aria libera e di Bouguer. Non univocità delle anomalie di g . Isostasia. Anomalie isostatiche. Movimenti verticali della crosta. Compensazione isostatica. Aggiustamenti isostatici e viscosità del mantello. Misure del geoide da satellite. Ondulazioni del geoide. Maree e rotazione terrestre Origine delle maree. Potenziali mareali. Componenti dell'accelerazione mareale lunare. Combinazione delle maree lunari e solari. Maree Terrestri. Attrito mareale e decelerazione della rotazione terrestre e lunare. Nutazione di Eulero ed oscillazione di Chandler. Precessione luni-solare. Cenni sulle proprietà dei minerali e delle rocce Struttura cristallina dei minerali. Le rocce. Classificazione delle rocce. Rocce sedimentarie, ignee e metamorfiche. Eutettici e soluzioni solide. Magnetismo terrestre: Cenni storici - da Petrus Peregrinus a Gauss. Il magnetismo delle rocce Fisica del magnetismo. Principio di equivalenza di Ampere. Richiami sui momenti magnetici atomici. Suscettività magnetica. Proprietà magnetiche della materia. Diamagnetismo (teoria classica). Paramagnetismo (teoria classica). Ferromagnetismo. Ferrimagnetismo. Antiferromagnetismo. Ferromagnetismo parassita. Minerali magnetici. Magnetismo delle rocce. Titanomagnetiti e serie magnetiche. Magnetizzazione delle rocce. Tipi di magnetizzazione. Magnetizzazione termo-rimanente (TRM). Magnetizzazione chimica rimanente (CRM). Magnetizzazione detritica rimanente (DRM). Cenni sul Paleomagnetismo. Campo magnetico terrestre Le osservabili del CMT. Caratteristiche generali del CMT. Equazione di Laplace e potenziale del CMT. Coefficienti di Gauss. CMT modellizzato con dipoli. Il campo dipolare terrestre. Best fit del CMT – dipolo eccentrico inclinato. Spettro di potenza del CMT. Stima della profondità della sorgente del campo principale. Variazione secolare. Sorgenti esterne del CMT. Composizione del nucleo terrestre. Modelli del CMT. Dinamo di Bullard. Modello a dinamo autoeccitata. L'approccio magnetoidrodinamico. Equazioni della magnetoidrodinamica. Modelli magneto idrodinamici. Misure magnetiche. Magnetometro a precessione. Anomalie magnetiche e correzioni. Calore terrestre Il budget energetico della Terra. Trasmissione del calore all'interno della Terra: conduzione, convezione, irraggiamento e avvezione. Sorgenti interne di calore. Calore originario; calore radiogenico; altre sorgenti di calore. Equazione della conduzione (Equazione di Fourier). Equazione della conduzione del calore in tre dimensioni. Diffusione termica. Termine avvertivo. Geoterma di equilibrio. Cenni sul trasporto di calore nella litosfera oceanica e continentale. Scala temporale del flusso conduttivo di calore. Gradiente termico adiabatico. Gradiente del punto di fusione. Diagrammi delle geoterme all'interno della Terra. Struttura interna della Terra Equazione di Adams- Williamson. Andamento della densità con la profondità. Densità decompressa. La fasi mineralogiche del mantello. Modello compositivo della Terra. Struttura ed asimmetrie del nucleo terrestre. Profili di v , ρ , g e P all'interno della Terra. Modello di Bullen e Preliminary Reference Earth Model (PREM).

Testi

Stacey, F. D., and Davis, P. M. (2008) *Physics of the Earth*, Cambridge University Press. Fowler, C. M. R. (2005). *The Solid Earth*, Cambridge University Press.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Metodo di insegnamento tradizionale in modalità mista. In parte vengono impartite lezioni frontali alla lavagna, fondamentalmente dedicate alla parte numerica e alle dimostrazioni matematiche, ed in parte vengono utilizzate le slides per gli argomenti più descrittivi. Le lezioni teoriche vengono alternate con lezioni dedicate alla parte di esercitazione numerica che sono finalizzate alla verifica dell'apprendimento e del problem-solving da parte degli studenti.

Modalità di valutazione

L'esame si svolge in modalità orale finalizzata a verificare il livello di comprensione effettiva dei concetti e la capacità di descrivere sia gli aspetti formali che le implicazioni fisiche degli argomenti trattati. La durata dell'esame è di circa 45 minuti. Nella prima parte dell'esame la commissione chiede allo studente di trattare un argomento di suo interesse tra quelli descritti nel programma. Nella seconda parte dell'esame la commissione verifica la completezza ed il rigore metodologico utilizzato dallo studente nel descrivere la fenomenologia ed i principi di base della fisica del Sistema Terra.

English

Prerequisites

Advances courses in physics and mathematics

Programme

Earth in the Solar System Titus-Bode Law. Terrestrial and gaseous planets. Notes on the formation of the solar system. Elements of chemistry of the solar system. Geochemical classification of the elements. Formation and differentiation of planets The Earth as a Planet Definition of planet. Kepler's laws. General features: liquid water, atmosphere, crustal dichotomy, magnetic field, internal dynamics. Earth's mass, density and moment of inertia The problem of estimating the average density of the Earth: historical notes (from Newton to Poynting). Cavendish's experiment in a modern way. Estimate of the mass of the Earth and planets - Average density of the Earth. Recalling the moment of inertia. Tensor of moments of inertia. Ellipsoid and spheroid. Moment of inertia of a solid sphere with constant density. Moments of inertia and models of planetary structures. Earth's shape and gravity The shape (figures) of the Earth .. Oblate ellipsoid and polar crushing. Earth shape and topography. Earth shape and variations of g . Acceleration and gravitational potential. Gravitational potential: Laplace equation. Gravitational potential in spherical coordinates. Gravitational potential of a solid sphere with constant density. General solution of the Laplace equation in spherical coordinates. Legendre polynomials. Spherical harmonics and Stokes coefficients. MacCullagh equation and moments of inertia. Ellipticity of the shape (figures) of the Earth. The acceleration ratio m (acceleration ratio). The geopotential. Relationship between J_2 , J_4 , m and f . Calculation of the inertia ratio for the Earth. Gravity on the reference spheroid. Geocentric and geographical latitude. Clairaut formula. Normal gravity. The geoid. Measurements of g . Absolute and relative measures. Corrections to the extent of g . Anomalies in open air and Bouguer. Non-uniqueness of the anomalies of g . Isostasy. Isostatic anomalies. Vertical movements of the crust. Isostatic compensation. Isostatic adjustments and coat viscosity. Satellite geoid measurements. Geoid ripples. Tides and land rotation Origin of the tides. Tidal potential. Components of the lunar tidal acceleration. Combination of lunar and solar tides. Terrestrial tides. Tidal friction and deceleration of terrestrial and lunar rotation. Euler nutation and Chandler swing. Solar-solar precession. Notes on the properties of minerals and rocks Crystalline structure of minerals. The rocks. Classification of rocks. Sedimentary, igneous and metamorphic rocks. Eutectics and solid solutions. Terrestrial magnetism: History - from Petrus Peregrinus to Gauss. The magnetism of the rocks Physics of magnetism. Ampere equivalence principle. Review of atomic magnetic moments. Magnetic susceptibility. Magnetic properties of matter. Diamagnetism (classical theory). Paramagnetism (classical theory). Ferromagnetism. Ferrimagnetismo. Antiferromagnetism. Parasitic ferromagnetism.

Magnetic minerals. Magnetism of the rocks. Titanomagnetites and magnetic series. Magnetization of rocks. Types of magnetization. Thermo-remaining magnetization (TRM). Remaining chemical magnetization (CRM). Remaining Debris Magnetization (DRM). Notes on Paleomagnetism. Earth's magnetic field The observables of the CMT. General characteristics of the CMT. Laplace equation and CMT potential. Gauss coefficients. CMT modeled with dipoles. The terrestrial dipolar field. CMT best fit - inclined eccentric dipole. Power spectrum of the CMT. Estimated depth of the source of the main field. Secular variation. External sources of the CMT. Earth core composition. CMT models. Bullard dynamo. Self-excited dynamo model. The magnetohydrodynamic approach. Magnetohydrodynamics equations. Hydrodynamic magneto models. Magnetic measurements. Precession magnetometer. Magnetic anomalies and corrections. Terrestrial heat Earth's energy budget. Heat transmission within the Earth: conduction, convection, radiation and advection. Internal heat sources. Original heat; radiogenic heat; other heat sources. Conduction equation (Fourier equation). Heat conduction equation in three dimensions. Thermal diffusion. Adjective term. Balance geotherm. Notes on the transport of heat in the oceanic and continental lithosphere. Time scale of the conductive heat flow. Adiabatic thermal gradient. Melting point gradient. Geothermal diagrams inside the Earth. Internal structure of the Earth Adams-Williamson equation. Density trend with depth. Unzipped density. The mineralogical phases of the coat. Compositional model of the Earth. Structure and asymmetries of the Earth's core. Profiles of v , ρ , g and P within the Earth. Bullen model and Preliminary Reference Earth Model (PREM).

Reference books

Stacey, F. D., and Davis, P. M. (2008) Physics of the Earth, Cambridge University Press. Fowler, C. M. R. (2005). The Solid Earth, Cambridge University Press.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410583 - FONDAMENTI DI MICROSCOPIA CON LABORATORIO

Docente: TALAMAS SIMOLA ENRICO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Occhio e percezione. Cenni storici di microscopia. Richiami di ottica. Fondamenti di microscopia ottica. Risoluzione, contrasto ed ingrandimento. Le componenti di un microscopio ottico. La formazione dell'immagine Microscopia in riflessione. Contrasto di fase. Campo chiaro e campo scuro. Polarizzazione. Principi di funzionamento della microscopia a scansione di elettroni (SEM). Componenti di un SEM. Interazione sonda campione. Rilevazione di elettroni secondari e retrodiffusi. Utilizzo del SEM. Principi di funzionamento e componenti di un microscopio a scansione di sonda (SPM). La microscopia a effetto tunnel (STM). La microscopia a forza atomica (AFM). AFM in contatto. AFM in non-contatto. Tecniche a scansione secondarie. Risoluzione ed artefatti. Introduzione all' analisi di immagine 2D e 3D, miglioramento della qualità delle immagini con e senza l'utilizzo di kernel, segmentazione, binarizzazione e analisi quantitativa di immagine con software open-access.

Testi

Dispense realizzate dal docente sulla base delle slide presentate durante il corso. Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging. D. B. Murphy , M. W. Davidson. J. Wiley & Sons Scanning Microscopy for Nanotechnology, W. Zhou and Z. L. Wang. Springer

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

lezioni frontali in aula con ausilio di video proiezione e esercitazioni in laboratorio. Le lezioni in laboratorio prevedono la pratica diretta dello studente su microscopi didattici.

Modalità di valutazione

esame finale in forma orale

English

Prerequisites

none

Programme

Eye and perception. History of microscopy. Light optics. Fundamentals of optical microscopy. Resolution, contrast and magnification. The components of an optical microscope. Image formation. Reflection microscopy. Phase contrast. Bright field and dark field. Polarization. Principles of operation of scanning electron microscopy (SEM). Components of a SEM. Sample-probe interaction. Detection of secondary and backscattered electrons. Use of the SEM. Principles of operation and components of a scanning probe microscope (SPM). Tunnel effect microscopy (STM). Atomic force microscopy (AFM). AFM in contact. AFM in no contact. Secondary scanning techniques. Resolution and artifacts. Introduction to 2D and 3D image analysis, improvement of image quality with and without the use of kernel, segmentation, binarization and quantitative image analysis with open-access software.

Reference books

Notes based on the slides used during the lectures. Fundamentals of Light Microscopy and Electronic Imaging. D. B. Murphy , M. W. Davidson. J. Wiley & Sons Scanning Microscopy for Nanotechnology, W. Zhou and Z. L. Wang. Springer

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410097 - FOTONICA QUANTISTICA

Docente: GIANANI ILARIA

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Fisica del laser: richiami alla radiazione di corpo nero, equazioni di Einstein, eccitazione di atomi a due livelli, attenuazione e guadagno. Livelli d'energia e transizioni in semiconduttori. Comportamento del laser cw. Cenni ai laser ultrabrevi. Coerenza e quantizzazione del campo e.m.: teoria classica delle fluttuazione e della coerenza al primo e secondo ordine. Campo e.m. come oscillatore armonico, quantizzazione e teoria quantistica della coerenza. Stati numero, coerenti e termici. Rappresentazione di interazione: il beam splitter e gli stati squeezed. Rivelazione omodina e fotoconteggio. Funzioni di quasi-probabilità. Ottica nonlineare: introduzione e trattamento classico. Cenni al trattamento quantistico. Effetti nonlineari del secondo ordine: generazione di seconda armonica, frequenza somma e frazionamento parametrico. Effetti del terzo ordine: effetto Kerr ottico. Cenni alla filamentazione. Equazione di Schroedinger nonlineare e solitoni temporali. Correlazioni quantistiche: problema del realismo locale in meccanica quantistica e paradosso EPR-Bohm. Diseguaglianza di Bell e test sperimentali con fotoni polarizzati.

Testi

R. Loudon, The quantum theory of light. Capp. 1, 2, 3, 4, 5, 6 O. Svelto, Principles of lasers. Capp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 R. Boyd, Nonlinear optics. Capp. 1, 2, 7 J.S. Bell, Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cap 2

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso prevede una serie di lezioni frontali, in cui il docente espone gli argomenti del corso.

Modalità di valutazione

Esame finale in forma orale: verrà valutata la conoscenza degli argomenti, la chiarezza espositiva e la capacità di trovare connessioni tra i differenti argomenti del corso. La prova orale comincerà con una domanda a discrezione della commissione, e da lì si procederà con domande di ragionamento.

English

Prerequisites

none

Programme

The physics of laser: blackbody radiation, Einstein equation, interaction of light with a two-level atom, gain and attenuation. Optical transitions in semiconductors. CW and pulsed operation of a laser. Optical coherence and quantisation of the e.m. field: classical theory of fluctuations, first- and second-order coherence. E.m. field as a harmonic oscillator, quantisation and quantum theory of optical coherence. Number states, coherent states, and thermal states. Interaction picture: beam splitter and squeezing hamiltonians. Homodyne detection and photon counting. Quasi-probability distributions. Nonlinear optics: introduction and classic treatment. Notes on quantum treatment. Nonlinear second-order effects: second harmonic generation, sum frequency, and parametric fractionation. Third-order effects: optical Kerr effect. Notes on filamentation. Nonlinear Schroedinger equation and temporal solitons. Quantum correlations: local realism problem in quantum mechanics and the EPR-Bohm paradox. Bell inequality and experimental tests with polarized photons.

Reference books

R. Loudon, The quantum theory of light. Capp. 1, 2, 3, 4, 5, 6 O. Svelto, Principles of lasers. Capp. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 R. Boyd, Nonlinear optics. Capp. 1, 2, 7 J.S. Bell, Speakable and unspeakable in quantum mechanics. Cap 2

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410504 - INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA

Docente: UDROIU ION

Italiano

Prerequisiti

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Programma

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Testi

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Modalità di valutazione

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

English

Prerequisites

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Programme

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Reference books

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410504 - INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA

Docente: RUZZIER ENRICO

Italiano

Prerequisiti

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Programma

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>

del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Testi

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Modalità di valutazione

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

English

Prerequisites

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Programme

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Reference books

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410504 - INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA

Docente: ZOCCHI ALESSANDRO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

vedi scheda del docente titolare del corso

Testi

vedi scheda del docente titolare del corso

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

vedi scheda del docente titolare del corso

Modalità di valutazione

vedi scheda del docente titolare del corso

English

Prerequisites

none

Programme

see the profile of the lecturer in charge of the course

Reference books

see the profile of the lecturer in charge of the course

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410504 - INTRODUZIONE ALLA BIOLOGIA

Docente: ROSSI MARIANNA NICOLETTA

Italiano

Prerequisiti

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Programma

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Testi

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

Modalità di valutazione

si rimanda alla pagina

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
del CdL in Sc. Biologiche, che offre l'insegnamento

English

Prerequisites

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Programme

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Reference books

Please refer to the page

<https://www.uniroma3.it/insegnamento-erogato/dipartimento-di-scienze//2023-2024/scienze-biologiche-0580706201300001/d56a627b-e9f4-49f6-abf5-62>
of the Degree Course in Biological Sciences, which offers the teaching of

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE

Docente: MARI STEFANO MARIA

Italiano

Prerequisiti

non richiesti

Programma

PROGRAMMA DELLE LEZIONI IN AULA (EQUIVALENTE A CIRCA 2 CFU) CENNI INTRODUTTIVI SUI RIVELATORI DI PARTICELLE – FISICA DEI RIVELATORI UTILIZZATI NELL'ATTIVITA' DI LABORATORIO (SCINTILLATORI PLASTICI, SCINTILLATORI LIQUIDI, RIVELATORI A GAS,...) – CENNI SUI DISPOSITIVI ELETTRONICI NECESSARI PER LA LETTURA DEI RIVELATORI, PER IL SISTEMA DI TRIGGER E IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI – RICHIAMI DI PROGRAMMAZIONE – RICHIAMI DI STATISTICA PER L'ANALISI DEI DATI. PROGRAMMA DELL'ATTIVITA' IN LABORATORIO (EQUIVALENTE A CIRCA 6-7 CFU) Misura della vita media del mesone mu DEL SEGNALE MISURATO – MESSA IN OPERA DEI RIVELATORI • SET UP DELL'APPARATO – FORMAZIONE DEL TRIGGER • SET UP DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE DATI E SVILUPPO DEL SOFTWARE DI ANALISI • MISURA DELLA GRANDEZZA PROPOSTA (VITA MEDIA DEL MESONE MU E GRANDEZZE CORRELATE, SPETTRO DELL'ELETTRONE DEL DECADIMENTO DEL MU, SPETTRO DEI RAGGI COSMICI DURI, ...) LO STUDENTE E' CHIAMATO A SVOLGERE DA SOLO UNA PARTE DELL'ATTIVITA' SPERIMENTALE PROPOSTA IN MODO CHE POSSA CONFRONTARSI DIRETTAMENTE CON LE PROBLEMATICHE DI LABORATORIO. LA MISURA FINALE VERRA' SVOLTA IN GRUPPO

Testi

W.R. Leo - Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiment - Springer-Verlag W. Blum, L. Roland - Particle Detection with Drift Chambers - Springer-Verlag T. Ferbel - Experimental Techniques in High-Energy Nuclear and Particle Physics F. Sauli - Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso e' formato da una serie di lezioni preliminari in aula dedicate alla spiegazione dei concetti necessari per arrivare alla misura finale svolta in laboratorio. Le lezioni sono accompagnate da esercizi numerici corretti di volta in volta. Il corso si articola poi con l'attività di laboratorio per la misura della vita media del mesone mu

Modalità di valutazione

Lo studente prepara la relazione finale di laboratorio nella quale discute le scelte sperimentali adottate, le misure e le loro incertezze, e il valore finale ottenuto per la vita media del mesone mu.

English

Prerequisites

not required

Programme

COURSE CONTENT Lessons (2CFU): Introduction to particle detectors (scintillators, gaseous chambers, solid state) Introduction to electronic devices for particle physics Basic software development for DAQ system and data analysis Lab Activity (6CFU): Measurement of the Muon life

Reference books

W.R. Leo - Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiment - Springer-Verlag W. Blum, L. Roland - Particle Detection with Drift Chambers - Springer-Verlag T. Ferbel - Experimental Techniques in High-Energy Nuclear and Particle Physics F. Sauli - Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401859 - LABORATORIO DI FISICA SUBNUCLEARE

Docente: DI MICCO BIAGIO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Programma delle lezioni in aula - Cenni introduttivi sui rivelatori di particelle – fisica dei rivelatori utilizzati nell'attività di laboratorio

(scintillatori plastici, scintillatori liquidi, rivelatori a gas,...) – cenni sui dispositivi elettronici necessari per la lettura dei rivelatori, per il sistema di trigger e il sistema di acquisizione dati – richiami di programmazione – richiami di statistica per l'analisi dei dati. Programma dell'attività in laboratorio (equivalente a circa 5 cfu) • stima della risposta dei rivelatori utilizzati – verifica del segnale misurato – messa in opera dei rivelatori • set up dell'apparato – formazione del trigger • set up del sistema di acquisizione dati e sviluppo del software di analisi • misura della grandezza proposta (vita media del mesone mu e grandezze correlate, spettro dell'elettrone del decadimento del mu, spettro dei raggi cosmici duri, ...) lo studente è chiamato a svolgere da solo una parte dell'attività sperimentale proposta in modo che possa confrontarsi direttamente con le problematiche di laboratorio. la misura finale verrà svolta in gruppo

Testi

TESTI CONSIGLIATI: W.R. Leo - Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiment - Springer-Verlag W. Blum, L. Roland - Particle Detection with Drift Chambers - Springer-Verlag T. Ferbel - Experimental Techniques in High-Energy Nuclear and Particle Physics F. Sauli - Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Il corso è formato da una serie di lezioni preliminari in aula dedicate alla spiegazione dei concetti necessari per arrivare alla misura finale svolta in laboratorio. Le lezioni sono accompagnate da esercizi numerici corretti di volta in volta. Il corso si articola poi con l'attività di laboratorio per la misura della vita media del mesone mu

Modalità di valutazione

Lo studente prepara la relazione finale di laboratorio nella quale discute le scelte sperimentali adottate, le misure e le loro incertezze, e il valore finale ottenuto per la vita media del mesone mu.

English

Prerequisites

none

Programme

program of lessons in the classroom • introductory notes on particle detectors • physics of the detectors used in the laboratory activity (plastic sparklers, liquid sparklers, detectors a gas, ...) • notes on electronic devices required for reading the detectors, for the trigger and il system data acquisition system • calls to programming • statistical calls for the analysis data. Program of the activity in the laboratory (equivalent a about 5 cfu) • estimate of the response of the detectors used - verification of the measured signal - setting of the detectors • set up of the apparatus - trigger training • set up of the data acquisition and development system of analysis software • measurement of the proposed greatness (vita media del mesone mu and related quantities, spectrum of the electron of the decay of the mu, spectrum of hard cosmic rays, ...) the student is called to perform a part only of the experimental activity proposed so that it may compare directly with the issues of laboratory. the final measure will be carried out in the group

Reference books

RECOMMENDED TEXTS: W.R. Leo - Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiment - Springer-Verlag W. Blum, L. Roland - Particle Detection with Drift Chambers - Springer-Verlag T. Ferbel - Experimental Techniques in High-Energy Nuclear and Particle Physics F. Sauli - Principles of operation of multiwire proportional and drift chambers

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402354 - MECCANICA STATISTICA

Docente: LUPI LAURA

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Programma I modulo (6 CFU) Richiami di termodinamica. Potenziali termodinamici. Transizioni di fase ed equazione di Van der Waals. Fluttuazioni e stabilità. Transizioni di fase e limite termodinamico. Derivazione microscopica dell'equazione di Van der Waals. Comportamento al punto critico dell'equazione di Van der Waals. Teoria di Curie-Weiss del ferromagnetismo. Teoria di Landau delle transizioni di seconda specie. Criterio di Ginzburg per la validità della teoria di campo medio. Il ruolo della simmetria e della dimensionalità: il teorema di Mermin-Wagner. Gruppo di rinormalizzazione. Trasformazione di Kadanoff-Wilson. Calcolo dei punti fissi per il modello di Landau-Wilson e sviluppo in epsilon.

Testi

Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter by Carlo Di Castro and Roberto Raimondi Cambridge University Press 2015 ISBN: 9781107039407

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

lezioni tradizionali alla lavagna

Modalità di valutazione

esame finale in forma orale

English

Prerequisites

none

Programme

1st module program (6 credits) Introduction to thermodynamics. Thermodynamic potentials. Phase transitions and Van der Waals equation. Fluctuations and stability. Phase transitions and thermodynamic limit. Microscopic derivation of the Van der Waals equation. Critical point behavior of the Van der Waals equation. Curie-Weiss theory of ferromagnetism. Landau theory of second species transitions. Ginzburg criterion for the validity of the middle field theory. The role of symmetry and dimensionality: the theorem of Mermin-Wagner. Renormalization team. Kadanoff-Wilson transformation. Calculation of fixed points for the Landau-Wilson model and development in epsilon.

Reference books

Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter by Carlo Di Castro and Roberto Raimondi Cambridge University Press 2015 ISBN: 9781107039407

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401425 - MECCANICA STATISTICA

Canale:N0

Docente: LUPI LAURA

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Programma I modulo (6 CFU) Richiami di termodinamica. Potenziali termodinamici. Transizioni di fase ed equazione di Van der Waals. Fluttuazioni e stabilità. Transizioni di fase e limite termodinamico. Derivazione microscopica dell'equazione di Van der Waals. Comportamento al punto critico dell'equazione di Van der Waals. Teoria di Curie-Weiss del ferromagnetismo. Teoria di Landau delle transizioni di seconda specie. Criterio di Ginzburg per la validità della teoria di campo medio. Il ruolo della simmetria e della dimensionalità: il teorema di Mermin-Wagner. Gruppo di rinormalizzazione. Trasformazione di Kadanoff-Wilson. Calcolo dei punti fissi per il modello di Landau-Wilson e sviluppo in epsilon. Programma II modulo (2 CFU) Vetri di spin Metodi per il calcolo di energia libera. Tecniche avanzate per la simulazione di eventi rari.

Testi

Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter by Carlo Di Castro and Roberto Raimondi Cambridge University Press 2015 ISBN: 9781107039407

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

lezioni frontali alla lavagna

Modalità di valutazione

Esame finale in forma orale

English

Prerequisites

none

Programme

1st module program (6 credits) Introduction to thermodynamics. Thermodynamic potentials. Phase transitions and Van der Waals

equation. Fluctuations and stability. Phase transitions and thermodynamic limit. Microscopic derivation of the Van der Waals equation. Critical point behavior of the Van der Waals equation. Curie-Weiss theory of ferromagnetism. Landau theory of second species transitions. Ginzburg criterion for the validity of the middle field theory. The role of symmetry and dimensionality: the Mermin-Wagner theorem. Renormalization team. Kadanoff-Wilson transformation. Calculation of fixed points for the Landau-Wilson model and development in epsilon. Il module program (2 credits) Spin glasses Methods for calculating free energy. Advanced techniques for simulating rare events.

Reference books

Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter by Carlo Di Castro and Roberto Raimondi Cambridge University Press 2015 ISBN: 9781107039407

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402215 - METODI SPERIMENTALI DI STRUTTURA DELLA MATERIA

Docente: RUOCCO ALESSANDRO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Note di ricapitolazione Probabilità di transizione. Approssimazione impulsiva. Approssimazione adiabatica. Regola d'oro di Fermi. Sezioni d'urto integrali e differenziali (BJ 4.1, 4.2, 4.3, Appendice I) Fenomenologia delle distribuzioni in energia ed angolo degli elettroni risultanti da eventi di fotoassorbimento e da impatto di particelle cariche in atomi, molecole, solidi. Spettroscopie collisionali La sezione d'urto di processi di collisione, sezioni d'urto integrali e differenziali (BJ appendice 2) Diffusione di particelle da un potenziale rigido, il metodo delle onde parziali, shift di fase (BJ da 11.2 a 11.3) Equazione integrale dello scattering, prima approssimazione di Born (BJ 11.4, 11.5, 12.2), approssimazione di Wentzel. LEED cinematico, lunghezza di coerenza (Lu da 4.1 a 4.2, 4.5) LEED dinamico (Lu 4.4, Panel VIII) Eccitazione e ionizzazione per impatto elettronico, limite dipolare, EELS (BJ 12.3 e 12.4) Forza dell'oscillatore generalizzata Spettroscopie di perdita di energia di elettroni nei solidi, teoria dielettrica. Scattering di volume, (EELS) (Lu 4.5, 4.6.1, 4.8, Panel IX) Canali risonanti. Interferenze fra canali del discreto e del continuo, profili di Fano (BJ 11.3) Spettroscopie di fotoemissione e fotoassorbimento Assorbimento della radiazione elettromagnetica nella materia. Funzione dielettrica di un sistema di oscillatori. Scattering elastico ed inelastico della radiazione elettromagnetica (SM) Operatore di interazione radiazione materia. Polarizzazione. Approssimazione di dipolo elettrico, dipolo magnetico, quadrupolo elettrico. Regole di selezione. (BJ 4.8, CM) Fotoemissione e fotoassorbimento: sezioni d'urto totali e differenziali, il punto di vista atomico (BJ 4.7, 4.8,) Fenomenologia degli esperimenti di fotoassorbimento e fotoemissione (Hu 1, CL 1) EXAFS (Lu Panel VII) e NEXAFS Interpretazione degli spettri di fotoemissione. Teorema di Koopmans, picchi satelliti, limite dell'interpretazione a particelle indipendenti. Effetti a molti corpi. Chemical shift (Lu 6.3.5, Hu 1.4, 1.5.2.1, 2.2) Fotoemissione nei solidi, il modello a tre step. Esempi di applicazioni. La fotoemissione inversa (cenni) (Lu 6.3, per approfondimenti Hu 6) Fotoemissione risolta in angolo. Fotoemissione di valenza e struttura a bande. Fotoemissione di core, photoelectron diffraction. Esempi di applicazioni (Lu 6 e Panel XI, Hu 7.1, 7.2, 7.3.1) Cenni di microscopia a scansione a sonda (STM, AFM, SNOM) (Lu Panel VI e appunti)

Testi

BJ B.H. Bransden, C.J. Joachain "Physics of Atoms and Molecules", Longman Scientific and Technical, John Wiley and sons CM C.M. Bertoni, Radiation-matter interaction: absorption, photoemission, scattering, in: "Synchrotron radiation: fundamentals, methodologies and applications", S. Mobilio and G. Vlaic Eds., SIF, Bologna (2003) Lu H. Luth, "Surface and interface of solid materials", Springer study edition, 1995 Hu S. Hufner, "Photoelectron spectroscopy", Solid State Sciences Vol. 82, Springer, 1995 SM S. Mobilio, Interaction between radiation and matter: an introduction, in: "Synchrotron radiation: fundamentals, methodologies and applications", S. Mobilio and G. Vlaic Eds., SIF, Bologna (2003)

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

lezioni frontali in aula con ausilio di video proiezione e esercitazioni in laboratorio. Le lezioni in laboratorio prevedono la pratica diretta dello studente su microscopi didattici.

Modalità di valutazione

esame finale in forma orale

English

Prerequisites

none

Programme

Basic concepts and potential scattering in atomic collision. Electron-atom collision. Scattering from surfaces. Energy loss spectroscopy.

Dielectric theory. Resonant Channels, Fano profiles. Photoemission and photoabsorption spectroscopies. Phenomenology of photoemission and photoabsorption experiments. The Koopmans theorem, satellite peaks, Chemical shift. Photoemission from solids, the three-step model. Angle resolved photoemission, photoelectron diffraction. Exafs and Nexafs. Interpretation of photoemission spectra. Koopmans' theorem, satellite peaks, limit of interpretation to independent particles. Many-body effects. Chemical shift (Lu 6.3.5, Hu 1.4, 1.5, 2.1, 2.2) Photoemission in solids, the three-step model. Examples of applications. Reverse photoemission (outline) (Lu 6.3, for further information Hu 6) Photoemission resolved in the corner. Valence photoemission and band structure. Photoemission of cores, photoelectron diffraction. Examples of applications (Lu 6 and Panel XI, Hu 7.1, 7.2, 7.3.1) Outline of scanning probe microscopy (STM, AFM, SNOM) (Lu Panel VI and notes)

Reference books

BJ B.H. Bransden, C.J. Joachain "Physics of Atoms and Molecules", Longman Scientific and Technical, John Wiley and sons CM C.M. Bertoni, Radiation-matter interaction: absorption, photoemission, scattering , in: "Synchrotron radiation: fundamentals, methodologies and applications", S. Mobilio and G. Vlaic Eds.. SIF, Bologna (2003) Lu H. Luth, "Surface and interface of solid materials", Springer study edition, 1995 Hu S. Hufner, "Photoelectron spectroscopy", Solid State Sciences Vol. 82, Springer, 1995 SM S. Mobilio, Interaction between radiation and matter: an introduction, in: "Synchrotron radiation: fundamentals, methodologies and applications", S. Mobilio and G. Vlaic Eds.. SIF, Bologna (2003)

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20410897 - Metodi sperimentali in Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti

Docente: LAURO SEBASTIAN

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Richiami sull'analisi dati di interesse geofisico in ambiente Python. Tecniche di misura di laboratorio, in campo e da satellite. Proprietà elettriche e magnetiche dei geomateriali. Misure elettriche e magnetiche nel dominio del tempo e della frequenza. Attività di laboratorio: utilizzo del ponte LCR e del Vector Network Analyzer per misure di permittività dielettrica e di permeabilità magnetica. Propagazione elettromagnetica nei geomateriali. Radar da satellite e sottosuperficiale: basi teoriche ed applicazioni in campo ambientale. Attività di laboratorio: Tecniche di analisi dati e stima dei parametri fisici; metodi di inversione.

Testi

Dispense del docente;

Bibliografia di riferimento

John F. Claerbout, Imaging the Earth's Interior, Blackwell A. R. Von Hippel, Dielectric and Waves, John Wiley & Sons. G. Franceschetti, Campi Elettromagnetici, Bollati Boringhieri Long and Ulaby, Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing, Artech House A. Sihvola, Electromagnetic Mixing Formulas and Applications, IET

Modalità erogazione

Lezioni frontali con prevalente utilizzo di slides che vengono contestualmente distribuite agli studenti. Vengono descritti in dettaglio tre esperimenti di geofisica che gli studenti devono condurre in proprio. Per ogni esperimento è richiesto agli studenti di: organizzare l'esperimento, acquisire i dati, analizzare i dati attraverso l'utilizzo di software dedicati (Matlab), interpretare i risultati. Per ogni esperimento viene richiesta una relazione di laboratorio dettagliata che verrà valutata al fine della verifica finale.

Modalità di valutazione

L'esame finale si svolge in forma mista; ne è parte integrante la valutazione dell'attività di laboratorio, attraverso la verifica delle relazioni di laboratorio che vengono singolarmente valutate, e la prova orale finale nella quale viene chiesto alla studente di descrivere i fondamenti teorici delle misure effettuate nei diversi esperimenti e di discutere i risultati ottenuti.

English

Prerequisites

none

Programme

Recall on the analysis of data of geophysical interest in the Python environment. Laboratory, field and satellite measurement techniques. Electrical and magnetic properties of geomaterials. Electrical and magnetic measurements in the time and frequency domain. Laboratory activities: use of the LCR bridge and the Vector Network Analyzer for dielectric permittivity and magnetic permeability measurements. Electromagnetic propagation in geomaterials. Satellite and subsurface radar: theoretical bases and applications in the environmental field. Laboratory activities: Data analysis techniques and estimation of physical parameters; inversion methods.

Reference books

Lecture notes;

Reference bibliography

John F. Claerbout, Imaging the Earth's Interior, Blackwell A. R. Von Hippel, Dielectric and Waves, John Wiley & Sons. G. Franceschetti, Campi Elettromagnetici, Bollati Boringhieri Long and Ulaby, Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing, Artech House A. Sihvola, Electromagnetic Mixing Formulas and Applications, IET

Study modes

-

Exam modes

-

20410897 - Metodi sperimentali in Fisica della Terra, del Clima e dei Pianeti

Docente: LAURO SEBASTIAN EMANUEL

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

Richiami sull'analisi dati di interesse geofisico in ambiente Python. Tecniche di misura di laboratorio, in campo e da satellite. Proprietà elettriche e magnetiche dei geomateriali. Misure elettriche e magnetiche nel dominio del tempo e della frequenza. Attività di laboratorio: utilizzo del ponte LCR e del Vector Network Analyzer per misure di permittività dielettrica e di permeabilità magnetica. Propagazione elettromagnetica nei geomateriali. Radar da satellite e sottosuperficiale: basi teoriche ed applicazioni in campo ambientale. Attività di laboratorio: Tecniche di analisi dati e stima dei parametri fisici; metodi di inversione.

Testi

Dispense del docente;

Bibliografia di riferimento

John F. Claerbout, Imaging the Earth's Interior, Blackwell A. R. Von Hippel, Dielectric and Waves, John Wiley & Sons. G. Franceschetti, Campi Elettromagnetici, Bollati Boringhieri Long and Ulaby, Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing, Artech House A. Sihvola, Electromagnetic Mixing Formulas and Applications, IET

Modalità erogazione

Lezioni frontali con prevalente utilizzo di slides che vengono contestualmente distribuite agli studenti. Vengono descritti in dettaglio tre esperimenti di geofisica che gli studenti devono condurre in proprio. Per ogni esperimento è richiesto agli studenti di: organizzare l'esperimento, acquisire i dati, analizzare i dati attraverso l'utilizzo di software dedicati (Matlab), interpretare i risultati. Per ogni esperimento viene richiesta una relazione di laboratorio dettagliata che verrà valutata al fine della verifica finale.

Modalità di valutazione

L'esame finale si svolge in forma mista; ne è parte integrante la valutazione dell'attività di laboratorio, attraverso la verifica delle relazioni di laboratorio che vengono singolarmente valutate, e la prova orale finale nella quale viene chiesto alla studente di descrivere i fondamenti teorici delle misure effettuate nei diversi esperimenti e di discutere i risultati ottenuti.

English

Prerequisites

none

Programme

Recall on the analysis of data of geophysical interest in the Python environment. Laboratory, field and satellite measurement techniques. Electrical and magnetic properties of geomaterials. Electrical and magnetic measurements in the time and frequency domain. Laboratory activities: use of the LCR bridge and the Vector Network Analyzer for dielectric permittivity and magnetic permeability measurements. Electromagnetic propagation in geomaterials. Satellite and subsurface radar: theoretical bases and applications in the environmental field. Laboratory activities: Data analysis techniques and estimation of physical parameters; inversion methods.

Reference books

Lecture notes;

Reference bibliography

John F. Claerbout, Imaging the Earth's Interior, Blackwell A. R. Von Hippel, Dielectric and Waves, John Wiley & Sons. G. Franceschetti, Campi Elettromagnetici, Bollati Boringhieri Long and Ulaby, Microwave Radar and Radiometric Remote Sensing, Artech House A. Sihvola, Electromagnetic Mixing Formulas and Applications, IET

Study modes

-

Exam modes

-

20402155 - MISURE ASTROFISICHE

Canale:N0

Docente: LA FRANCA FABIO

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

PROGRAMMA: Parte I: Problematica Astrofisica: Nuclei Galattici Attivi e Galassie 1. Definizione e classificazione: Paradigma del BH, accrescimento, AGN Radio Loud/Radio quiet, Modello Unificato 2. Astrofisica degli AGN: Proprietà degli AGN-RQ in banda X, modelli di emissione: Comptonizzazione, proprietà di assorbimento e outflows 3. Astrofisica degli AGN: componenti di riflessione nello spettro in banda X, osservazione di effetti relativistici nello spettro in banda X 4. Spettri di AGN e Galassie nella banda ottica e NIR Parte II: Introduzione ai rivelatori e telescopi in banda X ed ottica 1. telescopi ottici. Principi base e tecniche di rivelazione 2. rivelatori in banda X: principi base e tecniche di rivelazione 3. rivelatori a stato solido, Charged Coupled Devices (CCD) 4. sistemi ottici collimati e focalizzati 5. caratteristiche dei telescopi X: efficienza, sensibilità, risoluzione di energia, risoluzione angolare, area efficace 6. I telescopi spaziali ESA/XMM-Newton, NASA/Chandra e NASA/NuStar Parte III: Analisi Dati 1. strumenti di indagine: studio della distribuzione di energia (spettro di emissione), studio del comportamento temporale (curva di luce), studio della variabilità (spettro di potenza e riverbero) 2. errori statistici ed errori sistematici 3. background 4. rapporto segnale rumore S/N 5. osservazione e massimizzazione del S/N Parte IV: Tutorial di analisi dati - sessione XMM-epic 1. ricerca dei dati in archivio 2. analisi dell'immagine: DS9 3. analisi dello spettro: xspec 4. analisi Temporale: xronos Parte V - analisi dati in banda ottica e NIR

Testi

dispense a cura del docente del corso

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Durante la prima parte del corso (Parte I e Parte II del Programma) verrà svolta una lezione tradizionale in aula mediante l'ausilio di proiettore e sessioni di domande e risposte. La seconda parte del corso (Parte III, Parte IV e Parte V del programma) verrà svolta in laboratorio informatico con l'ausilio di pc per la riduzione ed analisi dei dati strofisici da satellite (telescopi in banda X) e da terra (telescopi Ottici).

Modalità di valutazione

Esame finale in forma orale. Il/La candidato/a presenterà una problematica scientifica a sua scelta discussa durante il corso.

English

Prerequisites

none

Programme

Part I: Astrophysics Problem: Active Galactic Nuclei and Galaxies 1. Definition and classification: BH paradigm, growth, AGN Radio Loud / Radio quiet, Unified Model 2. AGN astrophysics: X-band AGN-RQ properties, emission models: Comptonization, absorption properties and outflows 3. AGN astrophysics: reflection components in the X-band spectrum, observation of relativistic effects in the X-band spectrum 4. Spectra of AGN and Galaxies in the optical and NIR band Part II: Introduction to X-band and optical detectors and telescopes 1. optical telescopes. Basic principles and techniques of detection 2. X-band detectors: basic principles and detection techniques 3. solid state detectors, Charged Coupled Devices (CCD) 4. collimated and focused optical systems 5. X telescope features: efficiency, sensitivity, energy resolution, angular resolution, effective area 6. The ESA / XMM-Newton, NASA / Chandra and NASA / NuStar space telescopes Part III: Data Analysis 1. investigation tools: study of energy distribution (emission spectrum), study of temporal behavior (light curve), study of variability (power spectrum and reverberation) 2. statistical errors and systematic errors 3. background 4. S / N signal to noise ratio 5. observation and maximization of the S / N Part IV: Data analysis tutorial - XMM-epic session 1. search for archived data 2. Image analysis: DS9 3. spectrum analysis: xspec 4. Temporal analysis: xronos Part V - data analysis in optical and NIR band

Reference books

handouts by the course teacher

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402155 - MISURE ASTROFISICHE

Canale:N0

Docente: DE ROSA Alessandra

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

PROGRAMMA: Parte I: Problematica Astrofisica: Nuclei Galattici Attivi e Galassie 1. Definizione e classificazione: Paradigma del BH, accrescimento, AGN Radio Loud/Radio quiet, Modello Unificato 2. Astrofisica degli AGN: Proprietà degli AGN-RQ in banda X, modelli di emissione: Comptonizzazione, proprietà di assorbimento e outflows 3. Astrofisica degli AGN: componenti di riflessione nello spettro in banda X, osservazione di effetti relativistici nello spettro in banda X 4. Spettri di AGN e Galassie nella banda ottica e NIR Parte II: Introduzione ai rivelatori e telescopi in banda X ed ottica 1. telescopi ottici. Principi base e tecniche di rivelazione 2. rivelatori in banda X: principi base e tecniche di rivelazione 3. rivelatori a stato solido, Charged Coupled Devices (CCD) 4. sistemi ottici collimati e focalizzati 5. caratteristiche dei telescopi X: efficienza, sensibilità, risoluzione di energia, risoluzione angolare, area efficace 6. I telescopi spaziali ESA/XMM-Newton, NASA/Chandra e NASA/NuStar Parte III: Analisi Dati 1. strumenti di indagine: studio della distribuzione di energia (spettro di emissione), studio del comportamento temporale (curva di luce), studio della variabilità (spettro di potenza e riverbero) 2. errori statistici ed errori sistematici 3. background 4. rapporto segnale rumore S/N 5. osservazione e massimizzazione del S/N Parte IV: Tutorial di analisi dati - sessione XMM-epic 1. ricerca dei dati in archivio 2. analisi dell'immagine: DS9 3. analisi dello spettro: xspec 4. analisi Temporale: xronos Parte V - analisi dati in banda ottica e NIR

Testi

dispense a cura del docente del corso

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Durante la prima parte del corso (Parte I e Parte II del Programma) verrà svolta una lezione tradizionale in aula mediante l'ausilio di proiettore e sessioni di domande e risposte. La seconda parte del corso (Parte III, Parte IV e Parte V del programma) verrà svolta in laboratorio informatico con l'ausilio di pc per la riduzione ed analisi dei dati strofisici da satellite (telescopi in banda X) e da terra (telescopi Ottici).

Modalità di valutazione

Esame finale in forma orale. Il/La candidato/a presenterà una problematica scientifica a sua scelta discussa durante il corso.

English

Prerequisites

none

Programme

Part I: Astrophysics Problem: Active Galactic Nuclei and Galaxies 1. Definition and classification: BH paradigm, growth, AGN Radio Loud / Radio quiet, Unified Model 2. AGN astrophysics: X-band AGN-RQ properties, emission models: Comptonization, absorption properties and outflows 3. AGN astrophysics: reflection components in the X-band spectrum, observation of relativistic effects in the X-band spectrum 4. Spectra of AGN and Galaxies in the optical and NIR band Part II: Introduction to X-band and optical detectors and telescopes 1. optical telescopes. Basic principles and techniques of detection 2. X-band detectors: basic principles and detection techniques 3. solid state detectors, Charged Coupled Devices (CCD) 4. collimated and focused optical systems 5. X telescope features: efficiency, sensitivity, energy resolution, angular resolution, effective area 6. The ESA / XMM-Newton, NASA / Chandra and NASA / NuStar space telescopes Part III: Data Analysis 1. investigation tools: study of energy distribution (emission spectrum), study of temporal behavior (light curve), study of variability (power spectrum and reverberation) 2. statistical errors and systematic errors 3. background 4. S / N signal to noise ratio 5. observation and maximization of the S / N Part IV: Data analysis tutorial - XMM-epic session 1. search for archived data 2. Image analysis: DS9 3. spectrum analysis: xspec 4. Temporal analysis: xronos Part V - data analysis in optical and NIR band

Reference books

handouts by the course teacher

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20401000 - STRUMENTAZIONE FISICA PER LA MEDICINA E LA BIOLOGIA

Canale:N0

Docente: FABBRIO ANDREA

Italiano

Prerequisiti

nessuno

Programma

1. Interazione particelle e fotoni con la materia. 2. Principi di Medicina Nucleare. 3. Tecniche SPECT e PET. 4. Principi di Radiologia e relativa strumentazione. 5. Tomografia assiale computerizzata. 6. Risonanza magnetica nucleare e relativa strumentazione. 8. Ecografia e strumentazione ecografica 9. Elementi di radioterapia e adroterapia. 10. Elementi di dosimetria.

Testi

Dispense del corso

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le prime lezioni del corso sono inerenti i principi delle varie tecniche. In seguito verrà descritta la strumentazione relativa. Dove possibile verranno mostrati a lezione le componenti della strumentazione descritta e i relativi software.

Modalità di valutazione

L'esame verrà svolto per colloquio orale, su appuntamento, con domande inerenti le tematiche del corso. Il colloquio ha durata di circa 30-45 minuti.

English

Prerequisites

none

Programme

1. Interaction of photons and charged particles with matter. 2. Nuclear Medicine principles 3. SPECT and PET techniques. 4. Radiology Principles and Instrumentation. 5. Computed Tomography. 6. Nuclear Magnetic Resonance. 8. Ultrasound Principles and Instrumentation. 9. Radioteraphy and Adroteraphy Principles. 10. Dosimetry Principles.

Reference books

lecture notes

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-

20402258 - TEORIA DELLA RELATIVITA'

Docente: FRANZIA DARIO

Italiano

Prerequisiti

Relatività Speciale; conoscenze base di teoria dei campi classica ed elettromagnetismo in forma covariante

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 irrep 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. § VII. 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; some basic knowledge of classical field theory and electromagnetism in covariant form

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)
-Weinberg S, Gravitation and Cosmology - principles and applications of the general theory of relativity, (John Wiley & Sons, 1972)
-Wald R, General Relativity (The University of Chicago Press, 1984)

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

20410717 - Teorie Quantistiche della Materia

Docente: RAIMONDI ROBERTO

Italiano

Prerequisiti

Meccanica Quantistica e Meccanica Statistica

Programma

-Teorema di fluttuazione-dissipazione e teoria della risposta lineare. -Funzioni di Green a temperatura nulla. Decomposizione di Lehmann. Proprietà analitiche. -Sviluppo perturbativo e diagrammi di Feynman. Equazione di Dyson. -Funzioni di Green a temperatura finita: tecnica di Matsubara. -Teoria di Hartree-Fock e approssimazione RPA. Schermo di Thomas-Fermi. Funzione di Lindhard. -Teoria del liquido di Fermi. -Fenomenologia della superfluidità. Teoria di Landau. -Teoria microscopica della superfluidità. Teoria di Bogolubov. -Fenomenologia della superconduttività. -Teoria BCS microscopica della superconduttività. -Derivazione di Gorkov delle equazioni di Landau-Ginzburg. -Teoria del trasporto elettronico in sistemi disordinati.

Testi

- 1- Carlo Di Castro, Roberto Raimondi, Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter, Cambridge University Press 2015.
- 2- Piers Coleman, Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press 2015.

Bibliografia di riferimento

- 1- Carlo Di Castro, Roberto Raimondi, Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter, Cambridge University Press 2015.
- 2- Piers Coleman, Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press 2015.

Modalità erogazione

Le lezioni comportano l'esposizione dettagliata di sviluppi matematico-formali e quindi si utilizza la lavagna in modo sistematico (o altro strumento digitale di pari efficacia).

Modalità di valutazione

L'esame finale tende a comprendere se lo studente ha raggiunto una ragionevole comprensione degli argomenti. Da un lato occorre controllare che abbia una comprensione generale delle varie parti del corso e sappia collegarle fra di loro. Per questo l'esame orale consiste in parte in domande tese ad accertare questi aspetti senza entrare nei dettagli del formalismo ed in parte in domande in cui si chiede di impostare il calcolo di un determinato effetto fisico. La valutazione è espressa in trentesimi.

English

Prerequisites

Quantum Mechanics and Statistical Mechanics

Programme

- Fluctuation-dissipation theorem and linear response theory. -Green functions at zero temperature. Lehmann decomposition. Analytical properties. - Perturbative development and Feynman diagrams. Dyson equation. - Green functions at finite temperature: Matsubara technique. - Hartree-Fock theory and RPA approximation. Thomas-Fermi screen. Lindhard function. -Fermi liquid theory. - Phenomenology of superfluidity. Landau theory. -Microscopic theory of superfluidity. Bogolubov theory. - Phenomenology of superconductivity. - Microscopic BCS theory of superconductivity. -Gorkov's derivation of the Landau-Ginzburg equations. -Theory of electronic transport in disordered systems.

Reference books

- 1- Carlo Di Castro, Roberto Raimondi, Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter, Cambridge University Press 2015.
- 2- Piers Coleman, Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press 2015.

Reference bibliography

- 1- Carlo Di Castro, Roberto Raimondi, Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter, Cambridge University Press 2015.
- 2- Piers Coleman, Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press 2015.

Study modes

Exam modes

20410718 - Teorie Quantistiche della Materia - Mod. A

Docente: RAIMONDI ROBERTO

Italiano

Prerequisiti

Programma

Teorema di fluttuazione-dissipazione e teoria della risposta lineare. -Funzioni di Green a temperatura nulla. Decomposizione di Lehmann. Proprietà analitiche. -Sviluppo perturbativo e diagrammi di Feynman. Equazione di Dyson. -Funzioni di Green a temperatura finita: tecnica di Matsubara. -Teoria di Hartree-Fock e approssimazione RPA. Schermo di Thomas-Fermi. Funzione di Lindhard. -Teoria del liquido di Fermi. -Fenomenologia della superfluidità. Teoria di Landau. -Teoria microscopica della superfluidità. Teoria di Bogolubov. -Fenomenologia della superconduttività. -Teoria BCS microscopica della superconduttività. -Derivazione di Gorkov delle equazioni di Landau-Ginzburg.

Testi

- 1- Carlo Di Castro, Roberto Raimondi, Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter, Cambridge University Press 2015.
- 2- Piers Coleman, Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press 2015.

Bibliografia di riferimento

Testi da definire

Modalità erogazione

Le lezioni comportano l'esposizione dettagliata di sviluppi matematico-formali e quindi si utilizza la lavagna in modo sistematico (o altro strumento digitale di pari efficacia).

Modalità di valutazione

L'esame finale tende a comprendere se lo studente ha raggiunto una ragionevole comprensione degli argomenti. Da un lato occorre controllare che abbia una comprensione generale delle varie parti del corso e sappia collegarle fra di loro. Per questo l'esame orale consiste in parte in domande tese ad accertare questi aspetti senza entrare nei dettagli del formalismo ed in parte in domande in cui si chiede di impostare il calcolo di un determinato effetto fisico. La valutazione è espressa in trentesimi.

English

Prerequisites

Programme

Fluctuation-dissipation theorem and linear response theory. -Green functions at zero temperature. Lehmann decomposition. Analytical properties. - Perturbative development and Feynman diagrams. Dyson equation. - Green functions at finite temperature: Matsubara technique. - Hartree-Fock theory and RPA approximation. Thomas-Fermi screen. Lindhard function. -Fermi liquid theory. - Phenomenology of superfluidity. Landau theory. -Microscopic theory of superfluidity. Bogolubov theory. - Phenomenology of superconductivity. - Microscopic BCS theory of superconductivity. -Gorkov's derivation of the Landau-Ginzburg equations.

Reference books

- 1- Carlo Di Castro, Roberto Raimondi, Statistical Mechanics and Applications in Condensed Matter, Cambridge University Press 2015.
- 2- Piers Coleman, Introduction to Many-Body Physics, Cambridge University Press 2015.

Reference bibliography

-

Study modes

-

Exam modes

-