



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

DIPARTIMENTO	Ingegneria
ANNO ACCADEMICO OFFERTA	2018/2019
ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE	2019/2020
CORSO DILAUREA	INGEGNERIA ELETTRONICA
INSEGNAMENTO	FISICA MODERNA ED APPLICAZIONI
TIPO DI ATTIVITA'	C
AMBITO	10655-Attività formative affini o integrative
CODICE INSEGNAMENTO	19232
SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI	FIS/07
DOCENTE RESPONSABILE	BASILE SALVATORE Professore Associato Univ. di PALERMO
ALTRI DOCENTI	
CFU	9
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE	153
NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA	72
PROPEDEUTICITA'	
MUTUAZIONI	
ANNO DI CORSO	2
PERIODO DELLE LEZIONI	2° semestre
MODALITA' DI FREQUENZA	Facoltativa
TIPO DI VALUTAZIONE	Voto in trentesimi
ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI	BASILE SALVATORE Martedì 15:00 17:00 Viale delle Scienze, Edificio 6 (ex DIN), stanza 213. Nel periodo di non svolgimento di attività didattica in presenza si svolge su piattaforma Teams, previa prenotazione via email. Giovedì 15:00 17:00 Viale delle Scienze, Edificio 6 (ex DIN), stanza 213. Nel periodo di non svolgimento di attività didattica in presenza si svolge su piattaforma Teams, previa prenotazione via email.

PREREQUISITI	Buona conoscenza degli argomenti di Fisica I, Fisica II, Matematica I, Geometria.
RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI	Conoscenza e capacita' di comprensione Comprensione teorica: acquisire una buona comprensione dei principî della fisica moderna (struttura logica e matematica, supporto sperimentale, fenomeni fisici da essa descritti) e le loro applicazioni per l'ingegneria. Abilita' matematiche: essere in grado di comprendere e padroneggiare l'uso dei metodi matematici piu' comunemente utilizzati. Capacita' di applicare conoscenza e comprensione Soluzione di problemi: saper valutare chiaramente gli ordini di grandezza in situazioni che sono fisicamente differenti, ma che mostrano analogie, permettendo cosi' l'uso di soluzioni note a nuovi problemi. Essere in grado di risolvere problemi di meccanica quantistica, di fisica nucleare e di interazione radiazione materia utilizzando le relazioni fondamentali ed i principî di conservazione. Modellizzazione: essere in grado di identificare gli elementi essenziali di un processo / situazione e di creare un modello degli stessi; essere in grado di valutare le approssimazioni richieste. Autonomia di giudizio Essere in grado di individuare il modo piu' efficace per la soluzione di problemi di fisica moderna utilizzando un approccio attraverso le leggi fondamentali ed i principî di conservazione. Acquisire una comprensione di come le leggi della fisica moderna siano applicabili a molti campi, ed in particolare all'ingegneria. Abilita' comunicative Essere in grado di descrivere, analizzare e risolvere problemi di fisica moderna usando una terminologia appropriata ed essere capace di comunicazione scritta e orale su argomenti correlati. Essere in grado di descrivere la logica della strategia utilizzata nella risoluzione dei problemi. Essere in grado di migliorare le competenze di lavorare in gruppo. Capacita' di apprendimento Lo studente avra' appreso le leggi fondamentali della fisica moderna e le metodologie tipiche delle scienze fisiche da applicare alle problematiche dell'ingegneria, in modo critico ed autonomo. Egli avra' inoltre migliorato la capacita' di studio indipendente. Essere in grado di avvicinarsi ad argomenti piu' avanzati attraverso le risorse disponibili (riviste scientifiche, siti web), cosi' come attraverso altre fonti di informazioni rilevanti per il lavoro futuro.
VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO	L'esame consiste in due prove, una orale e una scritta. La valutazione di entrambe e' in trentesimi. Il voto finale e' determinato tenendo conto sia della prova scritta sia della prova orale. Obiettivo delle prove: verificare la conoscenza dei principi della fisica moderna e della loro applicazione per risolvere problemi di meccanica quantistica, di fisica nucleare e di interazione radiazione materia. Verificare la capacita' di modellizzazione e di identificazione degli elementi essenziali di un problema. Tipologia delle prove: prova scritta (problemi e/o esercizi a risposta simbolica o numerica, chiusa o aperta); il superamento della prova scritta (con una valutazione non inferiore a 18/30) consente l'accesso alla prova orale (discussione della prova scritta e domande su argomenti di carattere generale e/o esercizi con riferimento ai testi consigliati). La prova orale deve essere sostenuta nello stesso appello in cui e' stata superata la prova scritta. Durata della prova scritta non superiore a tre ore. Durante la prova scritta non e' consentito l'uso di libri di alcun tipo o appunti del corso. E' consentito l'uso di una calcolatrice e di un formulario. E' prevista una prova in itinere, anche in forma strutturata, per avviare azioni di autocontrollo del processo cognitivo, tese alla verifica della stabilita' temporale, di breve e medio periodo, dello stesso. CRITERI DI VALUTAZIONE VOTO da 28 a 30 - 30 e lode RISULTATI DI APPRENDIMENTO Livello complessivo: ottimo/eccellente. Lo studente dimostra di aver raggiunto la maggior parte/tutti i risultati di apprendimento previsti per il corso, come di seguito elencati. CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensione Ottima/eccellente conoscenza e padronanza degli argomenti del corso CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensione Ottima/eccellente capacita' di applicazione delle proprie conoscenze per l'analisi e la soluzione dei problemi proposti, con alto grado di autonomia, efficacia e con elementi di originalita'.

AUTONOMIA DI GIUDIZIO. ABILITA' COMUNICATIVE. CAPACITA' D'APPRENDIMENTO Elevate/eccellenti capacita' logiche e analitiche per orientarsi e formulare giudizi, anche in presenza di informazioni parziali su problematiche/applicazioni, anche complesse, riguardanti ambiti disciplinari o interdisciplinari ad essi correlati. Piene/eccellenti capacita' espositive e di argomentazione, ottima/eccellente chiarezza e proprieta' di linguaggio. Efficaci e articolate capacita' di rielaborazione delle conoscenze acquisite e di collegamento multidisciplinare, a testimonianza di una piena capacita' di intraprendere studi successivi o affrontare l'attivita' professionale con alto grado di autonomia. VOTO da 24 a 27 RISULTATI DI APPRENDIMENTO Livello complessivo: buono. Lo studente dimostra di aver raggiunto la maggior parte/tutti i risultati di apprendimento previsti per il corso, come di seguito elencati. CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensione Buona conoscenza e padronanza degli argomenti del corso, con pochi e non significativi errori, inesattezze o omissioni CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensione Buone capacita' di applicazione delle proprie conoscenze per l'analisi e la soluzione dei problemi proposti, con adeguata autonomia ed efficacia. AUTONOMIA DI GIUDIZIO. ABILITA' COMUNICATIVE. CAPACITA' D'APPRENDIMENTO Buone/soddisfacenti capacita' logiche e analitiche per orientarsi e formulare giudizi su problematiche/applicazioni, riguardanti ambiti disciplinari o interdisciplinari ad essi correlati. Buone capacita' espositive e di argomentazione, buona chiarezza e proprieta' di linguaggio. Buone/soddisfacenti capacita' di rielaborazione delle conoscenze acquisite e di collegamento multidisciplinare, a testimonianza di una adeguata capacita' di intraprendere studi successivi o affrontare l'attivita' professionale in modo autonomo. VOTO da 18 a 23 RISULTATI DI APPRENDIMENTO Livello complessivo: discreto/sufficiente. Lo studente dimostra di aver raggiunto la maggior parte/tutti i risultati di apprendimento previsti per il corso, come di seguito elencati. CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensione Sufficiente/discreta conoscenza e padronanza degli argomenti del corso, anche se con alcuni errori, inesattezze o lacune CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensione Sufficiente/discreta capacita' di applicazione delle proprie conoscenze per l'analisi e la soluzione dei problemi proposti, anche se con limitata autonomia ed efficacia. AUTONOMIA DI GIUDIZIO. ABILITA' COMUNICATIVE. CAPACITA' D'APPRENDIMENTO Accettabili capacita' logiche e analitiche per orientarsi e formulare giudizi anche se incerti, parzialmente guidati e limitatamente a tematiche e applicazioni in ambito disciplinare. Sufficienti/discrete capacita' espositive e di argomentazione, chiarezza e proprieta' di linguaggio. Accettabili capacita' di rielaborazione delle conoscenze acquisite e di collegamento multidisciplinare, che, se pur con qualche limite, possono consentire di affrontare gli studi successivi o l'attivita' professionale in modo sufficientemente autonomo. VOTO da 0 a 18 RISULTATI DI APPRENDIMENTO Livello complessivo: insufficiente. Lo studente dimostra di aver non raggiunto i risultati di apprendimento minimi previsti per il corso, come di seguito dettagliato. CONOSCENZA E CAPACITA' DI COMPrensione Insufficiente conoscenza e padronanza degli argomenti del corso, con molti
--

	errori, inesattezze o gravi lacune CAPACITA' DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPrensIONE Insufficiente capacita' di applicazione delle proprie conoscenze, tali da non consentire di analizzare e risolvere i problemi proposti in modo accettabile; mancanza di autonomia ed efficacia nell'approccio ai problemi proposti. AUTONOMIA DI GIUDIZIO. ABILITA' COMUNICATIVE. CAPACITA' D'APPRENDIMENTO Limitate capacita' logiche e analitiche, incapacita' di orientarsi e formulare giudizi in ambito disciplinare. Carenti capacita' espositive e di argomentazione, scarsa chiarezza e proprietà di linguaggio. Inadeguate capacita' di rielaborazione delle conoscenze acquisite e di collegamento multidisciplinare, tali da non permettere di proseguire gli studi o affrontare l'attività professionale in modo sufficientemente autonomo.
OBIETTIVI FORMATIVI	Conoscenza delle basi sperimentali e teoriche della fisica moderna e delle sue applicazioni tecnologiche. Applicare le conoscenze per la risoluzione di semplici problemi di meccanica quantistica, di fisica nucleare e di interazione radiazione materia utilizzando le relazioni fondamentali ed i principi di conservazione.
ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA	Lezioni frontali ed esercitazioni in aula svolte sia dal docente che dagli studenti, guidati dal docente o in modo autonomo, singolarmente o in gruppo. Strumenti a supporto della didattica: lavagna, gesso e cancellino; computer e videoproiettore.
TESTI CONSIGLIATI	Appunti delle lezioni e materiale didattico fornito dal docente. P.A. Tipler, G. Mosca, "Corso di Fisica, vol. 3, Fisica Moderna", 2009, Zanichelli, ISBN 9788808248824. D.J. Griffiths, "Introduzione alla meccanica quantistica", 2005, CEA, ISBN 9788808087478. (nuova edizione in inglese: "Introduction to Quantum Mechanics", 3rd ed 2018, Cambridge, ISBN 9781107189638) F. Ciccacci, "Fondamenti di Fisica atomica e quantistica, II/2017, Edises, ISBN 9788879599788. D.M. Sullivan, "Quantum Mechanics for Electrical Engineers", 2012, Wiley, ISBN 9780470874097, accessibile da unipa: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118169780 D.M. Kim, "Introductory Quantum Mechanics for Applied Nanotechnology", 2015, Wiley, ISBN 9783527412457, accessibile da unipa: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527677191. P. Deak, "Essential Quantum Mechanics for Electrical Engineers", 2017 Wiley, ISBN 9783527413553. S. Trachanas, "An Introduction to Quantum Physics", 2018, Wiley, ISBN 9783527412471. F. Ciccacci, A. Benfenati, R. Farinero, "Introduzione alla Fisica dei Quanti. Temi d'esame risolti", 2016, Edises, ISBN 9788879598996. Siti consigliati: http://mathesis.org/ http://www.st-andrews.ac.uk/physics/quvis/index.php http://www.compadre.org/osp/search/browse.cfm?browse=gsss http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Richiami di fisica classica. Principi di conservazione della meccanica classica. Principi della termodinamica. Onde. Interferenza e diffrazione. Equazioni di Maxwell. Onde elettromagnetiche.
2	Teoria cinetica dei gas. Principio di equipartizione dell'energia. Calore specifico di gas ideali e solidi. Elementi di fisica statistica classica. Statistica di Boltzmann.
2	Definizione di quantità di moto ed energia relativistiche. Energia a riposo. Elettromagnetismo classico e relatività.
4	Le basi sperimentali della fisica moderna. Linee spettrali. Radiazione di corpo nero. Densità degli stati. Modello di Planck. Effetto fotoelettrico. Effetto Compton. Proprietà corpuscolari della radiazione elettromagnetica.
4	Evidenze sperimentali della struttura atomica della materia. Modelli atomici. Modello di Thomson. Esperienza di Rutherford. Modello atomico di Bohr. Esperimento di Franck ed Hertz.
2	Onde di materia. Il dualismo onda-particella. Ipotesi di De Broglie. Esperimento di Davisson e Germer. Il principio di indeterminazione di Heisenberg.
6	Introduzione alla meccanica quantistica. L'equazione di Schrödinger. Il formalismo della meccanica quantistica. Operatori. Autovalori ed autovettori. Osservabili e misura. Notazione di Dirac. Interpretazione statistica della funzione d'onda e relazione con la probabilità classica. Stati stazionari. Particella libera. Evoluzione del pacchetto d'onda. Barriere e barriere di potenziale. Effetto tunnel. Oscillatore armonico. Meccanica quantistica in tre dimensioni. Momento angolare. Spin. L'atomo di idrogeno.

PROGRAMMA

ORE	Lezioni
2	Statistica classica e indistinguibilit� quantistica. Elementi di fisica statistica quantistica. Applicazioni. Densita' degli stati per particelle non relativistiche e per fotoni. Statistiche di Boltzmann, di Bose-Einstein e di Fermi-Dirac. Elettroni come gas di fermioni. Energia di Fermi. Propriet� termodinamiche del reticolo cristallino. Cenni ai modelli di Einstein e di Debye.
2	Teorema di Bloch. Bande di energia nei solidi. Modello di Kronig-Penney. Calcolo dei livelli di energia.
6	Elementi di fisica dei semiconduttori. Caratteristiche generali e parametri fisici. Elettroni e lacune. Massa efficace. Densita' degli stati e densita' dei portatori nella banda di conduzione e di valenza. Determinazione del livello di Fermi. Drogaggio con donori ed accettori. Legge di azione di massa. Trasporto nei semiconduttori. La giunzione P-N: fisica ed applicazioni. Diodi ed applicazioni.
4	Meccanica quantistica della interazione radiazione-materia. Atomo a due livelli. Coefficienti di Einstein. Cinetica delle popolazioni e soluzioni a regime. Emissione ed assorbimento stimolati. Emissione spontanea. Soluzione perturbativa. Rateo di transizione. Regola d'oro di Fermi. Soluzione non perturbativa. Frequenza di Rabi. Sistemi a tre livelli. Inversione di popolazione. Amplificazione di radiazione. Laser.
ORE	Esercitazioni
4	Richiami di fisica classica (meccanica, termodinamica ed elettromagnetismo).
4	Modelli atomici.
8	Meccanica quantistica ed applicazioni. Soluzioni numeriche dell'equazione di Schrödinger. Uso di fogli di calcolo.
2	Elementi di fisica statistica quantistica.
10	Fisica dei semiconduttori.
4	Interazione radiazione-materia.
ORE	Laboratori
4	Le basi sperimentali della fisica moderna. Moduli elettronici di una catena di spettrometria gamma. Visualizzazione del picco fotoelettrico e del continuo Compton di sorgenti gamma.