



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Fisica e Chimica - Emilio Segrè		
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2023/2024		
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2023/2024		
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	FISICA		
<b>INSEGNAMENTO</b>	FISICA DEGLI STATI CONDENSATI		
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	B		
<b>AMBITO</b>	50337-Sperimentale applicativo		
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	15315		
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	FIS/01		
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	AGNELLO SIMONPIETRO	Professore Ordinario	Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>			
<b>CFU</b>	6		
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	102		
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	48		
<b>PROPEDEUTICITA'</b>			
<b>MUTUAZIONI</b>			
<b>ANNO DI CORSO</b>	1		
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	2° semestre		
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa		
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi		
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>AGNELLO SIMONPIETRO</b> Lunedì 12:30 13:30 Dip.to Fisica e Chimica Via Archirafi 36 Studio Docente Mercoledì 12:30 13:30 Dip.to Fisica e Chimica Via Archirafi 36 Studio Docente		

<b>PREREQUISITI</b>	<p>I prerequisiti per seguire con profitto l'insegnamento e raggiungere gli obiettivi che esso si prefigge sono i seguenti:                      -Conoscenza e capacità di applicare le leggi della Fisica classica e della meccanica quantistica. Conoscenze di base di struttura della materia e di fisica statistica; conoscenze di analisi matematica.</p>
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p>Conoscenza e capacità di comprensione:                      Conoscenza approfondita delle principali proprietà strutturali degli stati condensati. Capacità di descrivere le proprietà fisiche dei solidi e dei liquidi attraverso modelli statistici.                      Capacità di applicare conoscenza e comprensione:                      Capacità di applicazione dei modelli descrittivi delle proprietà microscopiche di un solido per analizzare le proprietà dei materiali (semiconduttori, magnetici, amorfi) e spiegare i fenomeni macroscopici.                      Autonomia di giudizio:                      Capacità di valutare autonomamente e criticamente le approssimazioni che stanno alla base dei modelli fisici che descrivono la materia condensata e valutare di conseguenza i limiti di applicabilità, e di estensione ad altre situazioni fisiche, di tali modelli.                      Abilità comunicative:                      Capacità di predisporre elaborati scritti in cui vengono presentati in modo chiaro e rigoroso i risultati ottenuti e capacità di discussione degli stessi in forma orale e/o con l'ausilio di strumenti informatici.                      Capacità di apprendimento:                      Capacità di apprendere nuovi concetti di fisica con grande attenzione alla fenomenologia, con sviluppo dell'attitudine ad utilizzarli per l'interpretazione.</p>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p>La verifica finale consiste nella preparazione di relazioni/seminari riguardanti gli argomenti seminariali affrontati nel corso con l'approfondimento di argomenti di letteratura, ed in una prova orale. I seminari/relazioni tipicamente contengono una introduzione generale sui materiali investigati e la presentazione del loro interesse, lo sviluppo di aspetti teorici o applicativi riguardanti i materiali studiati. La preparazione dei seminari ha lo scopo di stimolare lo studente ad imparare a presentare argomenti di ricerca ed esporli con competenza di linguaggio e di contenuti in relazione agli aspetti affrontati nel corso.                      La prova orale consiste in un esame-colloquio in cui il candidato è chiamato a presentare e discutere il proprio seminario/relazione e rispondere a domande (almeno due/tre) sugli aspetti di fisica dello stato solido affrontati nel corso. Tale prova consente di valutare, oltre alle conoscenze del candidato e alla sua capacità di applicarle, anche il possesso di proprietà di linguaggio scientifico e di capacità di esposizione chiara e diretta.</p> <p>La valutazione finale, opportunamente graduata, sarà formulata sulla base delle seguenti condizioni:                      a) Conoscenza di base dei fondamenti teorici oggetto dell'insegnamento, sufficiente grado di consapevolezza e di autonomia nella illustrazione della relazione/seminario (18-22);                      b) Conoscenza buona dei fondamenti teorici oggetto dell'insegnamento, discreto grado di consapevolezza e di autonomia nella illustrazione della relazione/seminario (23-26);                      c) Conoscenza approfondita dei fondamenti teorici oggetto dell'insegnamento, buon grado di consapevolezza e di autonomia nella illustrazione della relazione/seminario (27-30 e lode);</p>
<b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>	<p>Possedere una buona conoscenza della fenomenologia degli stati condensati e dei modelli che descrivono le interazioni microscopiche che determinano tale fenomenologia.</p>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	<p>L'insegnamento è semestrale e si svolge nel CdL magistrale in Fisica. L'attività didattica prevede lezioni frontali e seminari. Le prime hanno lo scopo di fornire nuove conoscenze di base sui fondamenti della fisica dello stato solido e dei semiconduttori e di rapportarle ai concetti applicativi di sistemi e dispositivi di interesse. I seminari hanno lo scopo di illustrare le proprietà di materiali innovativi e di interesse nello studio della fisica dello stato solido attuale e di frontiera nella ricerca confrontandosi con le conoscenze di base introdotte e sviluppate nella prima parte del corso. Le attività seminariali prevedono il coinvolgimento degli studenti attraverso lo studio e la elaborazione di articoli scientifici relativi agli argomenti trattati nel corso.</p>
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<p>TESTI DI BASE (BASIC TEXTBOOKS)                      S. M. Sze, M. K. Lee – Semiconductor Devices - Physics and Technology –Ed. John Wiley &amp; Sons (ISBN 0470537949)                      M. Guzzi – Principi di Fisica dei Semiconduttori – Ed. Hoepli (ISBN 88-203-3381-3)                      C. Kittel - Introduzione alla Fisica dello Stato solido (Introduction to Solid State Physics) – Ed. Wiley (ISBN 0-471-41526-x)</p>

TESTI DI APPROFONDIMENTO (SUPPLEMENTARY TEXTBOOKS)  
 N.W. Ashcroft, D. N. Mermin - Solid State Physics – Ed. Saunders College Publishing (ISBN-10: 0030839939)  
 S.R. Elliott - Physics of Amorphous Materials - Ed. Longman Scientific & Technical ( ISBN-10: 058202160X)  
 H. Bach, N. Neuroth, The Properties of Optical Glass. 1998. Ed. Springer (ISBN 978-3-642-63349-2)  
 R. Kelsall, I. Hamley, M. Geoghegan - Nanoscale Science and Technology - Ed. Wiley (ISBN 978-0-470-85086-2)

### PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	I Semiconduttori: Modello di valenza e modello a bande; semiconduttori intrinseci ed estrinseci, processi di drogaggio e stati elettronici. Richiami dei modelli delle bande di energia. La massa efficace di elettroni e lacune nei semiconduttori.
2	Trasporto di carica nei semiconduttori, corrente di deriva e di diffusione, effetto Hall
6	La densita' degli stati energetici. Statistica dei portatori in semiconduttori intrinseci. Statistica dei portatori in semiconduttori estrinseci, compensati. Semiconduttori fuori equilibrio: processi di iniezione; processi di ricombinazione elettroni-lacune; rate di ricombinazione; quasi-Fermi levels.
6	Esempi di strutture a semiconduttore: giunzione pn; campo di giunzione; larghezza di giunzione; correnti di giunzione, capacita' di giunzione. Fotodiode. LED. Transistor bipolare. MOS, MOSFET.
4	Diamagnetismo e Paramagnetismo. La legge di Curie-Brillouin. Paramagnetismo degli ioni f, d e paramagnetismo di Van-Vleck. Paramagnetismo di Pauli dei metalli.
4	Ferromagnetismo, Ferrimagnetismo ed antiferromagnetismo
4	La risonanza magnetica. Le equazioni del moto del momento magnetico. Le equazioni di Bloch. Lo splitting iperfine
4	Cenni di Nanostrutture: sistemi 0D, 1D, 2D; semiconduttori nanostrutturati
6	Solidi non cristallini. Modelli strutturali dei sistemi amorfi: continuous random network. I difetti di punto. Proprieta' termiche dei vetri: capacita' termica, conducibilita' termica, temperatura fittiva, la transizione vetrosa.
8	Seminari su proprieta' di materiali innovativi o di particolare interesse applicativo