

**CORSO DI STUDIO *Physics (LM-17)***
**ANNO ACCADEMICO 2024-2025**
**DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO *Optoelectronics and Nanotechnologies***

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	1°
Periodo di erogazione	2° semestre: Marzo – Maggio 2025
Crediti formativi universitari (CFU/ECTS):	6
SSD	FIS/03
Lingua di erogazione	Inglese
Modalità di frequenza	Obbligatoria

Docente	
Nome e cognome	Pietro Patimisco
Indirizzo mail	pietro.patimisco@uniba.it
Telefono	0805442368
Sede	Dipartimento di Fisica, via Amendola 173
Sede virtuale	
Ricevimento	Lunedì, 15:00 – 17:00; Mercoledì, 16:00 – 18:00

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
150	32	30	88
CFU/ECTS			
6	4	2	

<b>Obiettivi formativi</b>	Fornire conoscenze di base ed avanzate sul funzionamento dei principali dispositivi optoelettronici a stato solido, quali LED, strutture ad eterogiunzione III-V, laser, fotorivelatori e fibre ottiche. Sviluppo della capacità di aggiornamento sull'evoluzione scientifica e tecnologica nel settore dell'optoelettronica e le relative applicazioni in ambito industriale.
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenze di base sulla meccanica quantistica, fisica statistica e struttura della materia. Conoscenze adeguate sull'ottica fisica e geometrica

<b>Metodi didattici</b>	Lezioni in aula con l'ausilio di un computer portatile e di un proiettore. Attività di laboratorio supervisionate.
-------------------------	--

<b>Risultati di apprendimento previsti</b>  <i>Da indicare per ciascun Descrittore di Dublino (DD=</i>	<b>DD1 Conoscenza e capacità di comprensione</b> Lo studente sarà in grado di: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Comprendere il metodo scientifico, la natura e le modalità della ricerca in Fisica</li> <li>o Acquisire conoscenze relative alla struttura della materia, con particolare attenzione alla materia condensata e alle applicazioni della fotonica</li> <li>o Acquisire conoscenze relative alle proprietà ottiche, elettroniche e termiche dei sistemi a stato solido</li> <li>o Conoscere la fisica dei dispositivi opto-elettronici e le relative applicazioni</li> <li>o Spiegare i fenomeni alla base dei sistemi optoelettronici.</li> </ul>
--	--

<p><b>DD1</b> Conoscenza e capacità di comprensione</p> <p><b>DD2</b> Conoscenza e capacità di comprensione applicate</p> <p><b>DD3-5</b> Competenze trasversali</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Conoscere le proprietà rilevanti dei materiali per la progettazione, fabbricazione e caratterizzazione di dispositivi optoelettronici.</li> <li>o Classificare dispositivi optoelettronici in relazione alle loro performance secondo lo stato dell'arte.</li> <li>o Familiarizzare con la letteratura scientifica dell'optoelettronica e della fotonica con un' enfasi sui dispositivi più attuali.</li> </ul> <p><b>DD1 Conoscenza e capacità di comprensione applicate</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Capacità di identificare gli elementi essenziali di un fenomeno</li> <li>o Capacità di utilizzare lo strumento dell'analogia per applicare soluzioni conosciute a problemi nuovi (problem solving)</li> <li>o Capacità di utilizzo di strumenti di calcolo matematico analitico e numerico</li> <li>o Acquisizione di concetti di base per la progettazione e la fabbricazione di eterostrutture quantistiche con le proprietà desiderate</li> <li>o Misura delle caratteristiche di base dei dispositivi</li> <li>o Svolgimento di esperimenti e misure in laboratorio e su componenti reali, dispositivi ed equipaggiamenti di sistemi optoelettronici</li> <li>o Interpretazione dei dati acquisiti e dei risultati delle misure</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Autonomia di giudizio:</b> Dato un problema e un progetto specifico nel campo dell'optoelettronica, gli studenti saranno in grado di: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Capacità di lavorare con crescenti gradi di autonomia, anche assumendo responsabilità nella programmazione di progetti e nella gestione di strutture</li> <li>o Acquisire le conoscenze di base per progettare e fabbricare dispositivi con proprietà ottiche specifiche</li> <li>o Caratterizzare elettricamente e otticamente i dispositivi</li> <li>o Realizzare esperimenti e set di misure in laboratorio utilizzando componenti e dispositivi di sistemi optoelettronici.</li> </ul> </li> <li>● <b>Abilità comunicative</b> Gli studenti saranno in grado di: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Competenze nella comunicazione in lingua italiana e in lingua inglese nei settori avanzati della Fisica</li> <li>o Esporre fenomeni fisici e risultati sperimentali utilizzando un linguaggio scientifico appropriato;</li> <li>o Accedere allo stato dell'arte della letteratura scientifica sugli argomenti di riferimento, in termini di comprensione delle metodologie sperimentali impiegate e dei relativi risultati scientifici.</li> </ul> </li> <li>● <b>Capacità di apprendere in modo autonomo</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Acquisizione di strumenti conoscitivi di base per l'aggiornamento continuo delle conoscenze</li> <li>o Acquisire una metodologia che consenta un'analisi critica delle invenzioni nel campo della fotonica e dell'optoelettronica</li> <li>o Essere parte di un gruppo di lavoro ma nello stesso tempo acquisire la capacità di presentare i risultati in maniera autonoma</li> <li>o Esporre i risultati di un lavoro scientifico</li> <li>o Seguire gli sviluppi scientifici e tecnologici utilizzando le conoscenze acquisite durante il corso</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Contenuti di insegnamento (Programma)</b></p>	<p><b>Semiconduttori del gruppo III-V.</b> Revisione critica delle proprietà strutturali, elettroniche e ottiche dei semiconduttori: GaAs, <math>Al_xGa_{1-x}As</math>, <math>In_{1-x}Ga_xAs_yP_{1-y}</math>, InP, GaN. Principi di ingegnerizzazione del bandgap utilizzando eterostrutture quantistiche. Transizioni ottiche di tipo interbanda e intersubbanda.</p>

	<p><b>Diodi emettitori di luce (LED).</b> Criteri per la scelta dei materiali. Efficienza quantica interna. Tassi di emissione spontanea in funzione del regime di iniezione. Efficienza esterna. LED a eterogiunzione. Caratteristiche L-I-V. Effetti termici. Risposta temporale.</p> <p><b>Laser a semiconduttore.</b> Emissione stimolata in strutture a semiconduttore. Guadagno ottico. Condizioni per l'inversione di popolazione. Diodi laser a doppia eterogiunzione (LD). Influenza del pompaggio elettrico sulla funzione dielettrica di un mezzo attivo a semiconduttore. Soglia laser. Caratteristiche L-I-V. Efficienza esterna. Caratteristiche spettrali. Modi ottici di un LD. Soluzione dell'equazione di Helmholtz nell'approssimazione dell'indice efficace. Guadagno di cavità di guida e indice di guida. LD monomodali per telecomunicazioni. Laser a feedback distribuito.</p> <p><b>Laser a eterostruttura.</b> Influenza dell'effetto Auger sui limiti della lunghezza d'onda lunga di LED e LD. Laser a cascata quantistica (QCL). Laser a punti quantici. Laser a emissione superficiale a cavità verticale (VCSEL). Fenomeni di automiscelazione ottica nei diodi laser: principi e applicazioni. Fabbricazione fotolitografica di LD.</p> <p><b>Fotorivelatori a semiconduttore.</b> Efficienza quantica e rilevabilità. Fotodiodi. Fotoconduttori. Fotodiodi pin. Criteri per la scelta dei materiali. Fotodiodi a valanga.</p> <p><b>Fibre ottiche.</b> Sistemi di telecomunicazioni di base. Multiplexing a divisione di frequenza e di lunghezza d'onda. Classi di fibre ottiche. Dispersione modale. Dispersione dell'indice.</p> <p><b>Attività di laboratorio.</b> Accoppiamento ottico di una sorgente laser a semiconduttore con una fibra di tipo hollow core. Analisi modale del fascio in uscita dalla fibra. Calcolo delle perdite ottiche e della divergenza in uscita dalla fibra.</p>
<b>Testi di riferimento</b>	<p>J. Singh, "Semiconductor optoelectronics", Mc Graw Hill, 1995. G. P. Agrawal, N. K. Dutta, "Semiconductor lasers", Van Nostrand Reinhold, 1993. J. Faist, "Quantum Cascade Lasers", Oxford University Press, 2013.</p>
<b>Note ai testi di riferimento</b>	Capitoli selezionati
<b>Materiali didattici</b>	<p>Dispense disponibili al seguente link: <a href="http://polysense.poliba.it/index.php/optoelectronics-and-nanotechnologies/">http://polysense.poliba.it/index.php/optoelectronics-and-nanotechnologies/</a></p>

<b>Valutazione</b>	
Modalità di verifica dell'apprendimento	<i>Prova orale con valutazione della relazione delle attività di laboratorio</i>
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <i>Conoscenza e capacità di comprensione:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Conoscenza delle proprietà ottiche ed elettroniche dei dispositivi optoelettronici</li> <li>○ Comprensione dei principi di funzionamento dei laser a semiconduttore e delle guide d'onda</li> </ul> </li> <li>● <i>Conoscenza e capacità di comprensione applicate:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Capacità di utilizzare in modo predittivo e quantitativo le conoscenze acquisite sui dispositivi a semiconduttore ed applicarli nel campo delle nanotecnologie</li> </ul> </li> <li>● <i>Autonomia di giudizio:</i></li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Capacità critica di selezionare modelli fisici appropriati per interpretare fenomeni che coinvolgono dispositivi optoelettronici</li> <li>• Abilità comunicative:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Chiarezza espositiva nella presentazione di un fenomeno fisico</li> </ul> </li> <li>• Capacità di apprendere:             <ul style="list-style-type: none"> <li>o Capacità di utilizzare concetti fondamentali di meccanica classica e quantistica per spiegare l'applicabilità dei dispositivi a semiconduttore nel campo delle nanotecnologie</li> </ul> </li> </ul>
<p>Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale</p>	<p>Il voto finale è attribuito in trentesimi. L'esame si intende superato quando il voto è maggiore o uguale a 18. La prova consisterà nella discussione della relazione tecnica redatta dallo studente sulle attività di laboratorio nella forma di un articolo scientifico (50% del voto totale) e di una parte orale con due domande a scelta tra gli argomenti trattati durante le lezioni in aula (50% del voto finale).</p>
<b>Altro</b>	