

**CORSO DI STUDIO** *Physics (LM-17)*
**ANNO ACCADEMICO** 2024-2025

**DENOMINAZIONE DELL'INSEGNAMENTO** *Physics of Sensors and Laboratory of Spectroscopy*

Principali informazioni sull'insegnamento	
Anno di corso	2°
Periodo di erogazione	1° semestre: Settembre - Dicembre 2024
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>	Comprendere i fenomeni legati all'assorbimento ed emissione di luce. Capacità di analizzare gli spettri di assorbimento infrarosso. Acquisire le conoscenze teoriche e pratiche sulle tecniche all'avanguardia relative alla spettroscopia laser e alla sua applicazione nel campo della sensoristica avanzata.
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenza di base della meccanica quantistica, della fisica statistica e dell'ottica di base.

<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> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Comprendere il metodo scientifico, la natura e le modalità della ricerca in Fisica</li> <li>○ Conoscere le tecnologie necessarie nella fisica sperimentale</li> <li>○ Conoscere la strumentazione avanzata in fisica sperimentale</li> <li>○ Acquisire conoscenze relative alla struttura della materia, con particolare attenzione alla materia condensata e alle applicazioni della fotonica</li> <li>○ Conoscere i metodi spettroscopici in diversi intervalli di energia</li> <li>○ Acquisire le conoscenze di base per descrivere i processi fondamentali associati alla spettroscopia laser,</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 Descrivere le tecniche spettroscopiche più rilevanti e le loro applicazioni nel campo della sensoristica di specie gassose.</li> </ul> <p><b>DD2 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 progettare e di mettere in atto procedure sperimentali o teoriche per risolvere problemi della ricerca accademica e industriale o per il miglioramento dei risultati esistenti</li> <li>o Capacità di utilizzo di strumenti di calcolo matematico analitico e numerico</li> <li>o Applicare i principi di base delle tecniche spettroscopiche laser,</li> <li>o Acquisire competenze pratiche per lavorare con apparecchiature sperimentali avanzate in laboratorio,</li> <li>o Eseguire estese indagini sperimentali e analizzare criticamente i dati,</li> <li>o Scrivere adeguate relazioni scientifiche.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Autonomia di giudizio</b> Dato un problema e un progetto specifico nel campo della spettroscopia, gli studenti saranno in grado di: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Lavorare con crescenti gradi di autonomia, anche assumendo responsabilità nella programmazione di progetti e nella gestione di strutture</li> <li>o Analizzare le proprietà delle tecniche spettroscopiche laser e risolvere i problemi associati ad esse</li> <li>o Correlare le proprietà delle sorgenti laser con le tecniche spettroscopiche</li> <li>o Confrontare autonomamente scelte diverse in termini di tecniche spettroscopiche e analisi dei dati</li> </ul> </li> <li>● <b>Abilità comunicative</b> Gli studenti saranno in grado di: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Comunicare in lingua italiana e in lingua inglese nei settori avanzati della Fisica</li> <li>o Valutare i diversi metodi spettroscopici nel campo della sensoristica,</li> <li>o Discutere gli esperimenti di laboratorio e presentare i risultati scientifici,</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 Acquisire strumenti conoscitivi di base per l'aggiornamento continuo delle conoscenze</li> <li>o Aumentare l'esperienza di lavoro in un piccolo gruppo perseguendo un obiettivo comune,</li> <li>o Capacità di presentare il progetto di laboratorio sotto forma di articolo scientifico,</li> <li>o Integrare le conoscenze dalla letteratura di riferimento</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>Contenuti di insegnamento (Programma)</b></p>	<p><b>Assorbimento ed emissione di luce.</b> Spettri di assorbimento e di emissione discreti e continui. Probabilità di transizione. Tempi di vita. Transizioni spontanee e non radiative. Descrizione semiclassica. Equazioni di base. Approssimazione di campo debole. Probabilità di transizione con eccitazione a banda larga. Inclusione fenomenologica dei fenomeni di decadimento. Problemi.</p>

	<p><b>Larghezze e profili di riga.</b> Larghezza di riga naturale. Profilo Lorentziano della radiazione emessa. Relazione tra larghezza di riga e tempo di vita. Larghezza di riga naturale delle transizioni radiative. Allargamento Doppler. Allargamento per collisione. Descrizione fenomenologica. Modello teorico delle collisioni anelastiche. Allargamento per saturazione. Problemi.</p> <p><b>Spettroscopia roto-vibrazionale.</b> Approssimazione di Born-Oppenheimer. Spettroscopia rotazionale. Il rotore rigido. Rotore lineare. Frequenze di transizione. Regole di selezione. Intensità. Distorsione centrifuga. Molecole a rotore simmetrico. Prolato. Oblato. Rotori sferici. Rotori asimmetrici. Spettroscopia vibrazionale. Modello dell'oscillatore armonico. Spettri infrarossi. Anarmonicità elettrica e meccanica. Spettroscopia roto-vibrazionale. Branche P, R e Q. Asimmetria delle branche. Molecole poliatomiche. Modi normali di vibrazione. Vibrazioni di gruppo. Nozioni di base sul database HITRAN. Esempio: Banda fondamentale della molecola di monossido di carbonio.</p> <p><b>Strumentazione spettroscopica.</b> Spettrografi e monocromatori. Figure di merito. Velocità dello spettrometro. Trasmissione spettrale. Potere risolvante spettrale. Free Spectral Range. Spettrometro a prisma. Spettrometro a reticolo. Interferometri. Interferometro di Michelson. Interferometro Mach-Zehnder. Interferenza da raggi multipli. Interferometro di Fabry-Perot. Etalon. Rivestimenti dielettrici a multistrato. Problemi.</p> <p><b>Tecniche di spettroscopia laser di assorbimento.</b> Vantaggi della spettroscopia laser. Spettroscopia di assorbimento diretto. Tecniche di modulazione. Modulazione in ampiezza. Modulazione in lunghezza d'onda. Rivelazione Lock-in. Spettroscopia di assorbimento a cella multipasso. Cella multipasso di White. Cella multipasso di Herriott. Spettroscopia di assorbimento con cavità risonanti. Modi longitudinali della cavità. Finesse e Free Spectral Range. Accoppiamento ottico di un fascio laser in cavità. Spettroscopia di assorbimento a cavity ring-down. Spettroscopia fotoacustica. Assorbimento della luce e generazione di calore. Generazione e rilevamento di onde sonore. Spettroscopia fotoacustica con diapason di quarzo. Diapason di quarzo: modi flessurali di vibrazione. Influenza della pressione sullo smorzamento e sulle frequenze naturali. Confronto tra diverse tecniche di assorbimento dei gas. Coefficiente di assorbimento minimo. Assorbimento normalizzato equivalente al rumore.</p> <p><b>Fisica dei sensori.</b> Caratteristiche del sensore. Funzione di trasferimento e range dinamico. Precisione. Isteresi. Saturazione. Ripetibilità. Risoluzione. Caratteristiche dinamiche. Affidabilità. Calibrazione di un sensore di gas. Principi fisici del rilevamento. Effetto piezoelettrico. Effetto piroelettrico. Effetto Seebeck. Effetto Peltier.</p> <p><b>Come preparare un articolo scientifico.</b> Panoramica. Struttura e organizzazione di un articolo scientifico. Introduzione. Metodo. Risultati e discussione. Conclusioni. Abstract. Stile scientifico. Nozioni di base sul software di analisi dei dati OriginLab.</p> <p><b>Attività di laboratorio.</b> Caratterizzazione luce-corrente-tensione di un laser a cascata quantica. Spettroscopia di assorbimento diretto. Spettroscopia a modulazione di lunghezza d'onda. Spettroscopia fotoacustica con diapason di quarzo.</p>
<p><b>Testi di riferimento</b></p>	<p>W. Demtroder – Laser Spectroscopy – Basic Concepts and Instrumentation, Springer. J. Fraden – Handbook of Modern Sensors – Physics Designs and Applications, Springer.</p>

<b>Note ai testi di riferimento</b>	
<b>Materiali didattici</b>	Dispense disponibili al seguente link: <a href="http://polysense.poliba.it/index.php/physics-of-sensors-and-laboratory-of-spectroscopy/">http://polysense.poliba.it/index.php/physics-of-sensors-and-laboratory-of-spectroscopy/</a>
<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 degli spettri di emissione e assorbimento dei gas</li> <li>○ Comprensione dei meccanismi di interazione radiazione-materia</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 sulla spettroscopia ed applicarli nel campo della sensoristica</li> </ul> </li> <li>● <i>Autonomia di giudizio:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Capacità critica di selezionare modelli fisici appropriati per interpretare fenomeni che coinvolgono la spettroscopia infrarossa</li> </ul> </li> <li>● <i>Abilità comunicative:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Chiarezza espositiva nella presentazione di un fenomeno fisico</li> </ul> </li> <li>● <i>Capacità di apprendere:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Capacità di utilizzare concetti fondamentali di meccanica classica e quantistica per spiegare fenomeni fisici che coinvolgono l'interazione radiazione-materia</li> </ul> </li> </ul>
Criteri di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Il voto finale è attribuito in trentesimi. L'esame si intende superato quando il voto è maggiore o uguale a 18. La prova conterà della 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 del docente tra gli argomenti trattati durante le lezioni in aula (50% del voto finale).
<b>Altro</b>	