UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Onde

2627-2-E3006Q013

Obiettivi

L'insegnamento ONDE si propone di affrontare il concetto di onda, introducendo il formalismo per trattarlo, a partire dalle onde meccaniche per poi discutere le onde elettromagnetiche. Avendo anche l'obiettivo di portare lo studente ad una comprensione critica e consapevole dei contenuti, le lezioni includeranno anche esperimenti in aula, volti proprio a chiarire e arricchire i contenuti. La parte finale dell'insegnamento, dedicata alla fisica moderna, affronterà in modo semplice ma rigoroso i temi della crisi della fisica classica, per giungere ad associare all'onda elettromagnetica classica il concetto di fotone e alla particella materiale classica l'onda di materia.

Seguite le lezioni e superato l'esame, lo studente avrà appreso i concetti che consentono la descrizione dei fenomeni ondulatori di cui saprà affrontare la descrizione formale (Conoscenze e capacità di comprensione), con particolare riferimento a onde meccaniche (il suono) e alle onde elettromagnetiche, nel vuoto e nella materia (Conoscenza e capacità di comprensione applicate). Sarà in grado di identificare il metodo più adatto per affrontare semplici problemi (Autonomia di giudizio) e saprà utilizzare un linguaggio scientifico che gli consente di comunicare in modo rigoroso e appropriato i concetti appresi (Abilità comunicative).

Contenuti sintetici

Onde: concetti generali, grandezze fisiche, formalismo e onde meccaniche.
Onde elettromagnetiche, nel vuoto e nella materia.
Fisica moderna.

Programma esteso

1) Concetti generali e onde meccaniche

Richiami sul moto armonico e sui concetti di frequenza, periodo, velocità angolare, frequenza. Fenomeni ondulatori e formalismo per descriverli. Oscillatore armonico, oscillatore forzato e smorzato. Funzione d'onda; lunghezza d'onda, periodo, velocità di propagazione. Principio di sovrapposizione. Onde armoniche: velocità, k, ?, ?, T, ?.
Equazione di D'Alembert e dimostrazione per le onde armoniche. Onde longitudinali e trasversali; polarizzazione.
Interferenza di onde armoniche. Battimenti. Gruppo d'onde, velocità di fase e di gruppo; pacchetto d'onde. Onde stazionarie. Diffrazione, interferenza.
Dinamica ed equazione delle onde per onde meccaniche in una corda. Energia, potenza, intensità.
Il suono: caratteristiche generali; i caratteri del suono. Cenni al teorema di Fourier.
EXP IN AULA: oscillatore libero, smorzato, forzato; onde stazionarie in una corda tesa; ondoscopio (interferenza e diffrazione)

2) Onde elettromagnetiche
nel vuoto
Le leggi fondamentali dell'elettromagnetismo: richiami e approfondimenti. Proprietà di E e di B: legge di Gauss; corrente di conduzione e di spostamento: legge di Ampère-Maxwell; induzione elettromagnetica.
Le eqq di Maxwell nel vuoto, in assenza di cariche e correnti. E e B come funzioni d'onda; onde e.m. e propagazione. Trasversalità delle onde e.m. e polarizzazione; velocità di propagazione. Esempi di funzione d'onda.
Polarizzazione, interferenza, diffrazione, scattering della luce.
Potenza, energia, intensità. Vettore di Poynting: definizione e significato. Spettro e.m.
EXP IN AULA: diffrazione, polarizzazione

nella materia
Proprietà di E e di B ed eqq di Maxwell nei mezzi. Propagazione nei mezzi: eqq di Maxwell. E e B come funzioni d'onda. Velocità di propagazione e attenuazione: indice di rifrazione e funzione dielettrica. Spettri di assorbimento ed emissione di atomi, molecole, solidi; righe spettrali, emissione.
Interfaccia: continuità dei campi e leggi della riflessione e della rifrazione. Coefficienti di Fresnel; R e T a incidenza normale (cenni ?>0). Lettura di uno spettro di T; legge di Lambert-Beer. R e T di una lamina (film spesso) e di una lente. Film sottile; multistrati. Strati antiriflesso.
Dicroismo e lenti polarizzanti; filtri.
EXP IN AULA: spettrofotometro (assorbimento e fluorescenza)

3) Fisica moderna
da onda a particella
Spettro di corpo nero, teoria classica e proposta di Planck; il quanto di energia.
Effetto fotoelettrico. Apparato e osservazioni sperimentali; interpretazione classica e interpretazione quantistica. Modello corpuscolare della luce; il fotone.

da particella a onda
Ipotesi di De Broglie. Cenni agli esperimenti di Davisson e Germer e di Thomson.
La particella quantistica, funzione d'onda di materia ?. Onda armonica e pacchetto (perché il pacchetto).
Interpretazione probabilistica di Born. Equazione di Schrödinger.
Cenni al modello di Bohr, agli orbitali molecolari alle bande nei solidi. Interazione radiazione-materia; transizioni. Spettri di atomi, molecole, solidi.

Prerequisiti

Per la comprensione dei contenuti di questo insegnamento è necessaria una buona conoscenza degli argomenti principali studiati nei corsi di matematica e fisica del primo anno.
Attenzione: il Regolamento del Corso di Laurea prevede che l'insegnamento di Fisica Generale sia propedeutico a Onde, pertanto è necessario aver superato l'esame di Fisica Generale prima di potersi iscriversi a un appello di Onde.

Modalità didattica

Lezioni frontali tenute in italiano, con esperimenti in aula.
Per la maggioranza si tratterà di ore di Didattica Erogativa (DE, lezioni frontali), ma ci saranno ore di Didattica Interattiva (DI) dedicate ad esperimenti di dimostrazione in aula. Le ore di DI sono intorno al 20% del totale.
L'insegnamento sarà svolto in presenza; per permettere a tutti di seguire, dopo ogni lezione la registrazione effettuata in aula sarà messa a disposizione degli studenti per circa 10 giorni.

Materiale didattico

Per le prime due parti del programma (onde meccaniche e elettromagnetiche), il riferimento è:
S. Focardi, I. Massa, A. Uguzzoni, *Fisica generale - Onde e Ottica*, 2a ed. (Casa Editrice Ambrosiana, 2010)
Può andare bene un testo universitario di fisica classica, per esempio quello utilizzato per Fisica Generale; si consiglia comunque di verificare con la docente.

Per l'ultima parte del programma (Fisica moderna), il riferimento è:
D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fondamenti di Fisica - Fisica moderna* (CEA, 2025)

Periodo di erogazione dell'insegnamento

I semestre

Modalità di verifica del profitto e valutazione

L'esame si articola in una prova scritta e un colloquio orale.
La prova scritta consiste nello svolgimento di esercizi sugli argomenti trattati a lezione, secondo esempi forniti e discussi durante le lezioni, e nella risposta a una domanda aperta. Durante la prova scritta non è permesso l'utilizzo di libri ed appunti.
Durante il semestre in cui si svolgono le lezioni, sono previste due o tre prove intermedie sulle parti del programma già svolte; se le prove sono superate, equivalgono alla prova scritta.

La prova orale verte sulla discussione di temi trattati a lezione; può essere sostenuta nello stesso appello d'esame in cui è stata sostenuta la prova scritta o in quello successivo.

Orario di ricevimento

Tutti i giorni, su appuntamento (per e-mail).

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ