UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI MILANO-BICOCCA

SYLLABUS DEL CORSO

Fisica III

2627-2-E3005Q009

Obiettivi

Elettrodinamica classica nei mezzi materiali e ottica: fenomenologia e leggi fondamentali.
Presentazione di fenomenologie che mostrano l'inadeguatezza delle teorie della fisica classica alla loro descrizione e conseguente formulazione di nuovi modelli che introducono lo studente ai primi concetti che portano alla fisica quantistica.

Conoscenze e capacità di comprensione

Al termine del corso, lo/la studente/essa avrà acquisito una solida comprensione dei concetti fondamentali dell'elettromagnetismo nei mezzi materiali, dell'ottica e della fisica moderna, in particolare:

- i fondamenti dell'elettrodinamica classica nei mezzi e fenimenologia collegata;
- i principi dell'ottica fisica: riflessione, rifrazione, relazioni di Fresnel, interferenza e diffrazione;
- la natura corpuscolare della materia e della carica;
- i limiti della fisica classica nel descrivere fenomeni come il corpo nero, l'effetto fotoelettrico e l'effetto Compton;
- i modelli atomici storici (Rutherford-Bohr-Sommerfeld);
- la natura duale onda-particella e la relazione di De Broglie;
- l'origine dei raggi X e i fondamenti delle proprietà magnetiche degli atomi.

Conoscenza e capacità di comprensione applicate

Lo/la studente/essa sarà in grado di:

- applicare le equazioni di Maxwell per descrivere la propagazione di onde elettromagnetiche in mezzi materiali;
- analizzare fenomeni ottici quali interferenza e diffrazione utilizzando i principi dell'ottica ondulatoria;
- applicare concetti teorici per interpretare fenomeni fisici riconoscendo i limiti della fisica classica per taluni aspetti;

- analizzare dati da esperimenti tipici per trarne conclusioni quantitative;
- utilizzare modelli per stimare proprietà fisiche della materia.

Autonomia di giudizio

Lo/la studente/essa svilupperà la capacità di:

- valutare criticamente l'applicabilità dei modelli fisici studiati (classici o quantistici) a diversi fenomeni;
- distinguere tra approcci classici e quantistici nella descrizione della realtà fisica;
- interpretare in modo autonomo i risultati di esperimenti fondamentali della fisica moderna.

Abilità comunicative

Lo/la studente/essa sarà in grado di:

- spiegare con chiarezza e proprietà di linguaggio sia i fenomeni dell'elettromagnetismo nei mezzi materiali e dell'ottica sia gli esperimenti tipici della fisica moderna, sia in forma orale sia scritta;
- presentare sinteticamente i modelli e le evidenze sperimentali che li hanno supportati;
- discutere criticamente la transizione dalla fisica classica alla meccanica quantistica.

Capacità di apprendere

Lo/la studente/essa acquisirà strumenti concettuali e metodologici utili per:

- affrontare lo studio di corsi avanzati di fisica (es. meccanica quantistica, fisica dello stato solido, fisica atomica);
- comprendere articoli divulgativi o tecnico-scientifici relativi alla fisica moderna;
- applicare quanto appreso a contesti nuovi, sia accademici che professionali, che richiedano un ragionamento fisico-quantitativo.

Contenuti sintetici

- **Campi e.m. variabili nei mezzi**: sorgenti e campi variabili, onde elettromagnetiche nei mezzi materiali.
- **Principi di ottica**: ottica descrittiva, diffusione, dispersione, riflessione, rifrazione, interferenza e diffrazione
- **Corpuscolarità della materia** (distribuzione di Maxwell-Boltzmann) **e della carica** (*e/m* secondo Thompson, Zeeman, determinazione di *e* secondo Millikan).
- **Comportamento non classico della radiazione e.m.:** corpo nero e ipotesi di Planck della quantizzazione dell'oscillatore e.m. Effetto fotoelettrico e ipotesi di Einstein sul fotone. Applicazione dell'oscillatore di Planck al calore specifico dei solidi: modelli di Einstein e Debye.
- **Modelli atomici:** scattering coulombiano di Rutherford, spettri atomici, modello di Bohr, modello di Sommerfeld. Cenni sulle proprietà magnetiche degli atomi.
- **Onde e.m. o fotoni?** raggi X, effetto Compton.
- **Particelle o onde?** relazione di De Broglie, diffrazione con elettroni.

Programma esteso

1. Campi elettromagnetici nei mezzi: equazioni per i campi variabili in mezzi omogenei e continui. Interazione di onde EM con mezzi: a) Dielettrici: Potenza assorbita e irraggiata, diffusione e legge di Rayleigh, indice di rifrazione complesso; dispersione normale e dispersione anomala; assorbimento risonante;

rappresentazione di un pacchetto d'onda; b) Conduttori: equazione di Helmoltz e indice di rifrazione complesso; qualità del conduttore in funzione della frequenza e della conducibilità; profondità di pelle.
2. Ottica: relazioni tra campi elettromagnetici all'interfaccia tra i mezzi e leggi dell'ottica geometrica; relazioni di Fresnel e coefficienti di riflessione e trasmissione; angolo di Brewster e riflessione per polarizzazione. Polarizzatori. Interferenza: condizioni; interferenza a due sorgenti; separatori di fronte d'onda e d'ampiezza. Interferenza multipla e il reticolo di interferenza. Diffrazione: Principio di Huygens e integrale di diffrazione e diffrazione con campo lontano (limite di Fraunhofer) e figure di diffrazione.
3. Teoria cinetica dei gas. Equipartizione dell'energia: successi e fallimenti. *Cv* dei solidi e dei gas biatomici. Distribuzione di maxwell per il modulo delle velocità, Effusione del gas, Allargamento Doppler termico. Fattore di Boltzmann e cenni alla distribuzione statistica di Boltzmann - libero cammino medio in un gas, coefficienti di trasporto: Viscosità, Conducibilità termica. Moto Browniano.
4. Carica elementare: elettrolisi (Faraday); stima di *e/m* (Thomson) effetto Zeeman classico. Stima della grandezza della carica elementare (Millikan). Parabole di Thomson per gli ioni positivi. Isotopi.
5. Radiazione termica e Corpo nero. Legge di Kirchoff, isotropia della radiazione termica. Legge di Stefan Boltzmann, termodinamica del corpo nero, pressione di radiazione, derivazione termodinamica. Legge di Wien. Modello di Rayleigh-Jeans per il corpo nero. Modello di Planck e ipotesi di quantizzazione dell'oscillatore armonico.
6. Calore specifico dei solidi secondo Einstein e Debye.
7. Effetto fotoelettrico: l'interpretazione di Einstein mediante l'introduzione del fotone.
8. Modelli atomici: Thomson, scattering di particelle alfa, modello di Rutherford per lo scattering coulombiano. Modello di Bohr: postulati, orbite, energie dei livelli, serie atomiche. Esperimento di Franck Hertz, effetto di rinculo. Regole di quantizzazione di Wilson Sommerfeld: particella in una scatola 1D e 3D, degenerazione livelli energetici. Proprietà magnetiche degli atomi (fisica classica), illustrazione esperimento di Stern e Gerlach.
9. Raggi X: produzione, spettro continuo,legge di Moseley, legge di Bragg per la diffrazione. Sezione d'urto di Thomson per l'elettrone, effetto Compton, produzione di coppie.
10. Ipotesi di De Broglie. Diffrazione degli elettroni: esperimento di Davisson/Germer.
11. Principio di indeterminazione di Heisenberg: esempi tipici ed esperimento della doppia fenditura.

Prerequisiti

I contenuti dei corsi di matematica e fisica dei primi tre semestri della laurea triennale in fisica e matematica.

Modalità didattica

Didattica erogativa: Lezioni frontali in aula.

Materiale didattico

Referenze reperibili

[1] Focardi-Massa-Uguzzoni: "Fisica generale, Onde e Ottica"
[2] Blundell: "Concepts in Thermal Physics"
[3] Tipler-Llewellyn: "Modern Physics," 6th edition
[4] Serway-Moses-Moyer: "Modern Physics," 3rd edition
[5] Eisberg-Resnick: "Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles"
[6] Feynman : "The Feynman Lectures on Physics"

[7] Alonso-Finn: “Quantum and Statistical Physics”
[8] Griffiths: “Introduction to Electrodynamics”

Referenze difficili da reperire, i cui capitoli utili per il corso vengono forniti dai docenti
[9] Edge-Wehr-Richard: “Introduction to Atomic Physics"
[10] Dekker: “Solid State Physics”
[11] Richtmyer-Kennard-Cooper: “Modern Physics”
[12] Barrow: “Chimica Fisica”

Bibliografia

- Campi EM variabili nella materia: [1] cap. 3.9 e 4.1-4.5 ([6-II] cap. 23, 32, [8])
- Ottica geometrica e ondulatoria: [1] cap. 4.6, 4.9, 5.1-5.5, 6.1-6.7 ([6-II] cap. 33)
- Granularità della materia: [2] cap. 4, 5, 7, 8, 9, 19, 20, 33.1, [3] cap. 8.1, [4] cap. 10.1-2, [7] cap. 10 ([6-I] cap. 39, 40, 41, [12] cap. 2)
- Granularità della carica: [3] cap. 3.1, [4] cap. 4.1-2 ([11] cap. 6.3)
- Corpo nero: [2] cap. 23, [3] cap. 3.2, [4] cap. 3.1-3, [5] cap. 1 ([9] cap. 3)
- Calore specifico dei solidi: [2] cap. 24, [4] cap. 10.4, [5] cap. 11.5 ([10] cap. 2)
- Effetto fotoelettrico: [3] cap. 3.3, [4] cap. 3.4, [5] cap. 2.1-3
- Modelli atomici: [3] cap. 4, [4] cap. 4, [5] cap. 4
- Raggi X: [3] cap. 3.4, [4] cap. 3.5, [5] cap. 2.4-8 ([11] cap. 7)
- Onde materiali: [3] cap. 5, [4] cap. 5, [5] cap. 3,5.1-4 ([6-III] cap. 1, 2, 3)

Le referenze tra parentesi () sono consigliate ma non necessarie

Periodo di erogazione dell'insegnamento

II semestre.

Modalità di verifica del profitto e valutazione

La verifica del profitto avviene attraverso un esame scritto della durata di tre ore con domande aperte (4 su una scelta di 6, di cui una sulla parte di elettromagnetismo e ottica e 3 sulla parte di fiisca moderna) in cui si richiede la trattazione di un argomento visto a lezione con piccole dimostrazioni, grafici e, se richiesta, qualche stima numerica. Si richiede l'uso della calcolatrice. Non sono concessi materiali didattici durante lo scritto.
Non sono previste prove parziali.
Nell’esame scritto viene valutata la capacità di comprensione ed esposizione dell’argomento richiesto, sia in termini di descrizione di apparati o grafici sperimentali, sia nel delineare l’aspetto di modellizzazione.
Per quanto riguarda la graduazione del voto: Il voto dello scritto e' espresso in 30-esimi. Ogni esercizio vale un quarto del voto massimo, salvo diverse specifiche. Qualora nell’esercizio vi siano diversi punti e una stima numerica da fornire, il contributo dell’esercizio al voto finale viene suddiviso in modo da valutare anche risposte parziali.
L’esame orale facoltativo, in cui vengono sondate le lacune emerse allo scritto e vengono richiesti argomenti trattati a lezione, è volto a migliorare il voto ottenuto allo scritto.

In seguito allo scritto positivo (>=18/30) lo studente puo' sostenere in via facoltativa un esame orale, o mantenere il voto dello scritto.
Gli studenti con uno scritto valutato 16/30 e 17/30 possono fare l'orale per ottenere una votazione finale >=18/30.

Per studenti Erasmus: è possibile sostenere l'esame in lingua inglese su richiesta.

Orario di ricevimento

Su appuntamento.

Sustainable Development Goals

ISTRUZIONE DI QUALITÁ | PARITÁ DI GENERE