

Principali informazioni sull'insegnamento	
Denominazione dell'insegnamento	Statistical Mechanics
Corso di studio	Physics (Magistrale)
Anno di corso	1
Crediti formativi universitari (CFU)	6
SSD	FIS/02
Lingua di erogazione	English
Periodo di erogazione	Settembre- Dicembre 2022
Obbligo di frequenza	No

Docente	
Nome e cognome	Giuseppe Gonnella
Indirizzo mail	gonnella@ba.infn.it
Telefono	0805442435
Sede	Dipartimento di Fisica
Sede virtuale (Codice Microsoft Teams)	
Ricevimento (giorni, orari e modalità)	Lunedì e mercoledì ore 11-13

Syllabus	
Obiettivi formativi	<ul style="list-style-type: none"> - Giustificazione dell'approccio statistico nella descrizione di sistemi fisici con molti gradi di libertà; - Acquisizione delle nozioni di base della teoria degli <i>ensembles</i> statistici e conseguente determinazione delle proprietà termodinamiche di sistemi macroscopici, classici e quantistici, con un'ampia scelta di esempi; - Introduzione alla teoria delle transizioni di fase e dei fenomeni critici.
Prerequisiti	Contenuti di calcolo, fisica generale e fisica moderna, così come impartiti nella laurea triennale in fisica. Termodinamica al livello del libro di testo del Callan.
Contenuti di insegnamento (Programma)	<p>1. I fondamenti della meccanica statistica</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Reversibilità e irreversibilità temporale nelle leggi della fisica. I paradossi di Loschmidt e Zermelo. Punti di vista microscopico e macroscopico. Analogia con la teoria delle probabilità. La distribuzione binomiale. La legge dei grandi numeri ed il teorema del limite centrale. Considerazioni geometriche. Entropia di Kullback-Leibler. La spiegazione dei paradossi. b. Ipotesi ergodica. Postulato fondamentale della meccanica statistica. Espressioni equivalenti per l'entropia di Boltzmann. Additività dell'entropia. Esistenza di quantità termodinamiche intensive. Derivazione della termodinamica. Gas ideale classico. Entropia di mescolamento, paradosso di



Gibbs e corretta enumerazione degli stati microscopici. . Distribuzione di probabilità microcanonica. Il problema ergodico. Risultati rigorosi per le proprietà di ergodicità di variabili estensive.

2. Meccanica statistica classica

- a. Distribuzione di probabilità canonica. Derivazione della termodinamica e consistenza con la descrizione microcanonica. Fluttuazioni dell'energia. Relazione di fluttuazione-dissipazione. *Ensembles* generalizzati. L'insieme P-T. Il gas di sfere dure. Distribuzione di probabilità gran-canonica. Derivazione della termodinamica. Fluttuazioni dell'energia e del numero di particelle.

Principio variazionale di Gibbs. Teorema di equipartizione dell'energia e teorema del viriale.

- b. La statistica del paramagnetismo: modelli di Langevin e Brillouin. Legge di Curie. Temperature negative. Viriale di un sistema di particelle classiche. Funzione di distribuzione di coppia. Sviluppo a cluster per un gas classico. Sviluppo del viriale dell'equazione di stato e calcolo dei primi due coefficienti del viriale.
- c. Problemi svolti in classe.

3. Meccanica statistica quantistica

- a. Caratteristiche generali di sistemi quantistici con un gran numero di particelle. Operatore statistico e matrice densità. Stati puri e miscele. Equazione di Liouville-von Neumann e soluzioni stazionarie. Postulato delle fasi random. Distribuzioni di probabilità microcanonica, canonica e gran-canonica. Gas ideali nel formalismo gran-canonico.
- b. Termodinamica del gas di fermioni non-interagenti.



	<p>Sviluppo dell'equazione di stato a bassa e alta temperatura. Comportamento magnetico del gas di fermioni non-interagenti. Paramagnetismo di Pauli e diamagnetismo di Landau. Termodinamica del gas di bosoni non-interagenti. Condensazione di Bose-Einstein.</p> <p>c. Problemi svolti in classe.</p> <p>4. Transizione di fase e fenomeni critici</p> <p>a. Osservazioni generali sul problema della condensazione. Risultati di van Hove, Lee e Yang. Coesistenza liquido-gas e punto critico. Equazione di van der Waals. Singolarità ed esponenti critici. Miscele binarie e gas reticolare. Il modello di Ising. Simmetrie, rottura della simmetria e parametro d'ordine. Argomento di Peierls per la transizione di fase nel modello di Ising in $D=2$.</p> <p>b. Teoria di campo medio per il modello di Ising. Principio variazionale. Teoria di Landau per le transizioni di fase. Criterio di Ginzburg. Funzioni di correlazione. L'ipotesi di scaling per le funzioni termodinamiche. Universalità nel comportamento critico.</p>
Testi di riferimento	<p>L. Peliti, "Statistical Mechanics", Princeton University Press.</p> <p>R.K. Pathria, "Statistical Mechanics", Butterworth&Heinemann.</p> <p>K. Huang, "Statistical Mechanics", Zanichelli.</p> <p>D. Dalvit, J. Frastai, I. Lawrie, "Problems on Statistical Mechanics", Institute of Physics Publishing 1999.</p> <p>M. Falcioni, A. Vulpiani, "Meccanica Statistica Elementare: I Fondamenti", Springer 2014</p>



Note ai testi di riferimento	Note del docente disponibili su tutto il programma

Organizzazione della didattica			
Ore			
Totali	Didattica frontale	Pratica (laboratorio, campo, esercitazione, altro)	Studio individuale
150	55		95
CFU/ETCS			
6			

Metodi didattici	
Lezioni ed esercitazioni in aula	

Risultati di apprendimento previsti	
Conoscenza e capacità di comprensione	<ul style="list-style-type: none">○ Consolidamento delle conoscenze di fisica statistica○ comprensione dell'origine microscopica delle leggi della termodinamica.
Conoscenza e capacità di comprensione applicate	<ul style="list-style-type: none">○ Conoscenza dei fondamenti che rendono possibile una descrizione statistica di sistemi con molte particelle○ Conoscenza degli elementi teorici utili a descrivere l'equilibrio termodinamico nei sistemi classici e quantistici○ Capacità di applicare i concetti appresi ad un'ampia varietà di sistemi fisici
Competenze trasversali	<ul style="list-style-type: none">● Autonomia di giudizio Sviluppo della capacità di interpretare e valutare criticamente la letteratura scientifica più recente e significativa nel campo della meccanica statistica, avendo come punto di riferimento le nozioni apprese nel corso e anche discutendo possibili strategie di ricerca alternative.● Abilità comunicative<ul style="list-style-type: none">○ Sviluppo della capacità di lavorare in gruppi di 2-3 unità, ai quali è proposta la soluzione di problemi anche complessi di meccanica statistica.○ Le abilità comunicative sono anche sviluppate mediante la presentazione di seminari, proposti a studenti su base volontaria, su argomenti complementari a quelli del corso.● Capacità di apprendere in modo autonomo<ul style="list-style-type: none">○ Abilità nella consultazione di materiale bibliografico, di banche dati e di materiale presente in rete.

Valutazione	
Modalità di verifica dell'apprendimento	
Criteri di valutazione	<ul style="list-style-type: none">● Conoscenza e capacità di comprensione Capacità di discutere modelli, concetti e principi matematici introdotti nel corso.● Conoscenza e capacità di comprensione applicate Comprensione adeguata, conoscenza globale e dettagliata degli argomenti e degli sviluppi matematici proposti nel corso.● Autonomia di giudizio



	<p>Abilità di interpretare criticamente la rilevanza di risultati specifici nel contesto più generale della fisica statistica e della fisica teorica</p> <ul style="list-style-type: none">• Abilità comunicative Capacità di discutere in modo chiaro gli argomenti discussi nel corso e la loro rilevanza in un contesto più generale
Criteria di misurazione dell'apprendimento e di attribuzione del voto finale	Oral exam based on the previous listed criteria (60%) and written description of specific models and topics (40%)
Altro	