

Dipartimento di Fisica
Anno Accademico 2018/19
Registro lezioni del docente SENATORE GAETANO

Attività didattica

FISICA STATISTICA [135SM]

Periodo di svolgimento: *Primo Semestre*

Docente titolare del corso: SENATORE GAETANO matr. 003294

Riepilogo registro docente:

SENATORE GAETANO matr. 003294

Docente interno - Professori Ordinari

Stato registro docente: Stampato

Ore inserite: 52 ore

Ore previste dall'offerta didattica: 48 ore

Gruppi di studenti con i quali è stata svolta l'attività - ore per gruppo

- prevista per tutti gli studenti (senza gruppi associati) - 52 ore

Ore inserite per tipologia di attività

16 ore esercitazione :

- prevista per tutti gli studenti (senza gruppi associati) - 16 ore

36 ore lezione :

- prevista per tutti gli studenti (senza gruppi associati) - 36 ore

Firma del docente:.....

Firma del direttore:.....

Data:.....

Dettaglio delle attività svolte:
FISICA STATISTICA [135SM]

01/10/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Programma, libro di testo, organizzazione dei compiti parziali, regole d'esame. Richiami di termodinamica: primo e secondo principio, Energia e suo differenziale. Energia libera di Helmholtz, e loro differenziali. Relazioni di Maxwell. Quantità estensive ed intensive.

Quantità estensive ed intensive. Funzione omogenee ed identità di Eulero. Potenziali con numero variabile di particelle, potenziale chimico. Dimostrazione che il potenziale chimico (sistema ad una componente) coincide con l'energia libera di Gibbs per particella. Potenziali termodinamici per particella e loro differenziali.

05/10/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Il principio della termodinamica e principi di stabilità (rispetto al rilassamento di vincoli $x!$) per $S(E,V,x)$, $A(V,T,x)$, $G(P,T,x)$. Soluzione di un esercizio sulla espansione isoterma, reversibile di un gas: calcolo della variazione di S nel gas. Esercizio sull'espansione libera adiabatica.

Esercizio sul massimo dell'entropia rispetto ad un vincolo (setto in un pistone con del gas). Insieme delle configurazioni nello spazio Γ (insieme di Gibbs). Evoluzione canonica dei punti in Γ e densità di sullo spazio Γ . Richiamo al teorema della continuità nello spazio Γ , ovvero del teorema di Liouville.

08/10/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Costanti notevoli in meccanica statistica: costante di Boltzman K_B e numero di Avogadro N_A .

Considerazioni generali sulla meccanica statistica. Verifica che $\rho[H(p,q)]$ soddisfa il teorema di Liouville. Forma di $\rho[H(p,q)]$ per E,N,V costanti (Ensemble microcanonico). Definizione dell'entropia in termini di $\Gamma(E)$. Definizione di $\Sigma(E)$ e la densità di stati $\omega(E)$ e definizioni equivalenti di $S(E,V,N)$.

12/10/2018 - lezione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 10:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Dimostrazione dell'estensività dell'entropia per un sistema pensato suddiviso in V_1 e V_2 (fissati) ma con particelle ed energia che può fluire dall'una all'altra; importanza del termine più probabile in un sistema composto da 2 sottosistemi e condizione sull'eguaglianza di T e μ . Derivazione della termodinamica (trasformazioni lente quasi stazionarie). Ricetta pratica dall'Hamiltoniana all'entropia (microcanico), alla termodinamica.

12/10/2018 - esercitazione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 10:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Risoluzioni di problemi

Descrizione attività:

Calcolo esplicito dell'estensione dello spazio delle fasi per un gas ideale nel microcanonico in termini del volume di una ipersfera. Calcolo di temperatura, energia, e pressione. Entropia in termini della temperatura.

15/10/2018 - esercitazione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 10:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Risoluzioni di problemi

Descrizione attività:

Soluzione di un esercizio per un insieme di sistemi a due livelli nel microcanonico: temperature negativa per sistemi con energia limitata superiormente.

15/10/2018 - lezione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 10:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Dimostrazione (nel microcanonico) del teorema di equipartizione. Valore medio di termini quadratici di una hamiltoniana nel microcanico. Viriale

17/10/2018 - lezione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 14:00**Ora fine:** 16:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Funzione di distribuzione per un sistema in contatto con un termostato a partire da un ensemble microcanonico partizionato in due. Derivazione della distribuzione di probabilità nel canonico.

Funzione di partizione canonica e suo calcolo per il gas perfetto.

Identificazione di A con $-k_B T \ln[Z]$.

19/10/2018 - lezione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 10:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Identificazione di A con $-k_B T \ln[Z]$. Calcolo delle fluttuazioni di energia nel canonico: loro soppressione nel limite termodinamico per calore specifico non divergente. Funzione di partizione in termini della densità di stati in energia ed equivalenza della termodinamica del microcanonico e di quella del canonico

19/10/2018 - esercitazione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 10:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Risoluzioni di problemi

Descrizione attività:

Funzione di partizione canonica per un'Hamiltoniana separabile.

Esercizio. Particelle indipendenti in campo esterno $v(r) = mgr$: funzione di partizione canonica, profilo di densità, pressione e potenziale chimico.

22/10/2018 - esercitazione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 10:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Esercizio. Paramagnetismo di Langevin per particelle con un momento magnetico permanente e libero di ruotare nello spazio. Calcolo della magnetizzazione media e della suscettività magnetica dalle medie e come derivate dell'energia libera di Helmholtz.

22/10/2018 - esercitazione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 10:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Esercizio su particelle cariche interagenti in campo magnetico e teorema di van Leeuwen.

26/10/2018 - esercitazione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 10:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Esercizio sulla teoria delle perturbazioni al I ordine.

26/10/2018 - lezione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 10:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 1**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Derivazione della distribuzione grancanonica a partire dal comportamento di una sottoregione in un insieme canonico. Funzione di partizione grancanonica e sua relazione con la pressione. Derivazione della termodinamica nel grancanonico e calcolo del numero medio di particelle.

29/10/2018 - lezione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Calcolo delle fluttuazioni di numero nel grancanonico, relazione con la compressibilità isoterma e soppressione delle fluttuazioni nel limite termodinamico lontano da transizioni di fase.

Equivalenza GranCanonico-Canonico. Calcolo della funzione di granpartizione per il gas ideale e termodinamica.

Dimostrazione dell'equivalenza della termodinamica di grancanonico e canonico ove l'energia libera di Helmholtz sia convessa (compressibilità isoterma positiva e finita).

Equivalenza dell'insieme canonico

e di quello grancanonico nel caso generale : dominanza del termine massimo e determinazione del termine massimo. Equivalenza della pressione canonica e grancanonica.

05/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Dimostrazione dell'equivalenza grancanonico-canonico nel caso di una equazione di stato alla van-der Waals.

Eguaglianza di pressione e potenziale chimico e coesistenza delle fasi.

Costruzione di Maxwell nella regione a due fasi. Analisi della costruzione di Maxwell in termini dell'evoluzione del sistema a N fissato ed al variare di V (o a V fissato al variare di N) in una situazione a due fasi (liquido e gas coesistenti) nel passaggio dal liquido al gas, fino alla trasformazione completa in gas.

07/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Cenni alla regioni di metastabilità ed instabilità. Comportamento di $W_N(\mu^*)$ al variare di N . Equilibrio di 2 fasi.

Sistema in un mezzo esterno e derivazione della matrice densità. Basi complete (prodotti tensoriali) per sistemi composti di due o più parti.

Medie quantistiche di operatori del sistema su tempi lunghi rispetto ai tempi per il moto atomico/molecolare. Matrice densità.

09/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Evoluzione temporale degli stati e indipendenza dal tempo della matrice dinamica. Postulati di eguali probabilità a priori e delle fasi casuali. Proprietà delle tracce. Insieme Microcanonico e matrice densità nell'insieme microcanonico. Evoluzione temporale di stati, operatori e matrici densità. Funzioni di operatori. Degenerazione degli autovalori dell'energia: esempio di particelle libere.

12/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Microcanonico e densità di stati in energia. Termodinamica. Insieme canonico, matrice densità nell'insieme canonico, funzione di partizione e medie. Insieme grancanonico in regime quantistico in termini delle appropriate matrici densità.

Sistemi di particelle non interagenti, separabilità e funzioni d'onda. Particelle identiche e simmetria ammesse per le funzioni d'onda a molte particelle.

Funzioni simmetriche (Bosoni) e antisimmetriche (Fermioni). Principio di Pauli.

16/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Stati ed energie e numeri di occupazioni. Derivazione grancanonica delle funzione di partizione Z per Fermioni e Bosoni indipendenti. Condizioni sul potenziale chimico/fugacità per Bosoni.

Calcolo dei numeri di occupazione medi.

Funzioni d'onda ed energie di una particella con condizioni al contorno periodiche (Born-von Karman) e omogenee in 1 e più dimensioni.

19/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Densità di stati in energia per unità di volume.

Calcolo di Pressione e densità per Fermioni ideali in termini della fugacità z ed espressione in termini delle funzioni $f_{5/2}(z)$ e $f_{3/2}(z)$. Espressione di $f_{5/2}(z)$ e $f_{3/2}(z)$ in termini di z per $z < 1$.

Relazione densità-fugacità per Fermioni nel limite di $\lambda^3 \rho$ molto minore di 1 ed equazione di stato.

Limite classico e prima correzione quantistica all'equazione di stato di Fermioni.

21/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 1

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Bosoni e peculiarità del termine a $p=0$: necessità di considerarlo separatamente. Calcolo di Pressione e densità per Bosoni ideali in termini della fugacità z ed espressione in termini delle funzioni $g_{5/2}(z)$ e $g_{3/2}(z)$. Espressione di $g_{5/2}(z)$ e $g_{3/2}(z)$ in termini di z .

Relazione Energia-pressione per Fermioni e Bosoni.

21/11/2018 - esercitazione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 15:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 1

Titolo attività:

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Calcolo dell'energia di stato fondamentale di Bosoni non interagenti a partire dalle energie di particella singola.

Calcolo dell'energia di stato fondamentale di Fermioni non interagenti a partire dalle energie di particella singola.

Densità di stati in termini di energia di Fermi e densità.

Numeri di Fermi e Bose per $z \ll 1$ e limite classico.

23/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Boltzmanioni nel gran canonic e numeri medi di occupazione. Caratteristiche qualitative dei numeri di occupazione medi di Fermi e Bose.

Sviluppo di Sommerfeld del potenziale chimico e quantità simili per $\lambda^3 \rho \rightarrow \infty$ (formulazione di Landau).

26/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 10:00

Ore accademiche: 1

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Sviluppo di Sommerfeld: calcolo del potenziale chimico ad ordine dominante + prima correzione nel limite degenere. Calcolo della dipendenza dell'energia dalla temperatura in un gas di Fermioni degenere e calcolo del calore specifico.

26/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 10:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 1

Titolo attività:

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Esercizi 11.2 (energia libera di Helmholtz di Fermioni a basse temperature). Esercizio 11.5 (equilibrio di fermioni con spin diverso).

30/11/2018 - esercitazione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 10:00

Ore accademiche: 1

Titolo attività:

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Esercizio sulla suscettività di spin di fermioni in 2D con spin 1/2.

30/11/2018 - lezione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 10:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 1

Titolo attività:

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Relazione tra densità, temperatura e fugacità (z) per un gas ideale di Bose. Termine di condensato e sua rilevanza nel limite di $z \rightarrow 1$. Valore critico del parametro di degenerazione e presenza del condensato per valori del parametro di degenerazione superiori al suo valore critico 2.612. Frazione di condensato al variare della densità (T fissata) ed al variare della temperatura (densità fissata). proprietà termodinamiche nella fase normale ed in presenza del condensato.

03/12/2018 - esercitazione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Termodinamica della condensazione di Bose

Risoluzione dell'esercizio 12.3 del libro di testo.

Esercizio sulle fluttuazioni di numero in un sistema di bosoni sotto T_c .**05/12/2018 - lezione -****Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 14:00**Ora fine:** 16:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Cavità, modi normali del campo EM, oscillatori equivalenti; relazione energia- vettore d'onda, polarizzazioni, non conservazione del numero dei fotoni; numeri di occupazione. Funzione di partizione canonica, occupazione media dei modi (distribuzione di Planck). Cavità, energia media, pressione; analisi in frequenza dell'energia media all'interno della cavità (legge di Planck). Radiazione emessa attraverso un foro nella superficie della cavità. Caratteristiche qualitative dell'intensità emessa in funzione di frequenza e temperatura.

07/12/2018 - lezione -**Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Fisica Statistica

Descrizione attività:

Energia dell'insieme degli oscillatori normali che descrivono le piccole escursioni intorno all'equilibrio degli atomi in un solido e suo valore medio.

Modello di Debye, densità di stati in energia del modello, vettore d'onda, frequenza e temperatura di Debye: calore specifico e sue caratteristiche a T grandi e a T piccoli.**10/12/2018 - esercitazione -****Docente:** SENATORE GAETANO**Ora inizio:** 09:00**Ora fine:** 11:00**Ore accademiche:** 2**Titolo attività:**

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Esercizio 12.1 (domande a) e b)) del libro di testo (Kerson Huang).

Soluzione dell'esercizio 1 del 20 12 2011 (Fermioni con $S=1/2$ a $T=0$ in una dimensione).

12/12/2018 - esercitazione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 14:00

Ora fine: 16:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Risoluzione dell'esercizio 1 del 21/12/12.

Risoluzione dell'esercizio 2 del 21/12/12

14/12/2018 - esercitazione -

Docente: SENATORE GAETANO

Ora inizio: 09:00

Ora fine: 11:00

Ore accademiche: 2

Titolo attività:

Risoluzione di problemi

Descrizione attività:

Soluzione dell'esercizio: 11.1: Gas di Fermi ideale a $T=0$ e di Fermi per elettroni a densità metalliche, nucleoni ($m=1.67 \times 10^{-24}$ g, $n=0,16 \text{ fm}^{-3}$) in un nucleo ed Elio-3 ($1/n = 46,2 \text{ A}^3$) liquido.
