

Meccanica Statistica I

a.a. 2017-2018 (Prof. Mauro Sbragaglia)

- Lezione 1 del **6 Marzo 2018**. Introduzione alla Meccanica Statistica di equilibrio: stati microscopici (spazio delle fasi) e macroscopici (termodinamica). Sistemi isolati. Teorema di Liouville. Discussione generale sulla teoria degli Ensembles. Medie di Ensemble e ipotesi Ergodica. Postulato delle uguali probabilità. Cenni sulla formula di Boltzmann e potenziali termodinamici.
- Complemento del **8 Marzo 2018**. Lezione di ripasso sui potenziali termodinamici.
- Lezione 2 del **13 Marzo 2018**. Ensemble microcanonico e strategie operative per il conteggio dei microstati: differenza/relazione tra integrale di superficie e integrale di volume nello spazio delle fasi. Formula di Boltzmann e limite termodinamico. Giustificazione della formula di Boltzmann: estensività dell'entropia ed equilibrio termico. Cenni sul gas libero.
- Lezione 3 del **15 Marzo 2018**. Gas libero e calcolo dell'entropia termodinamica, calcolo della pressione e dell'energia interna. Problema del mescolamento e paradosso di Gibbs. Correzione di Gibbs ed estensività dei potenziali termodinamici. Interpretazione microscopica del fattore di Gibbs.
- Lezione 4 del **19 Marzo 2018**. Teorema di equipartizione dell'energia e sue applicazioni per Hamiltoniane quadratiche. Ensemble Microcanonico e spettri discreti: sistema a 2 stati di energia, calcolo dell'entropia e limiti di alte e basse temperature; estensione al caso con degenerazione. Cenni sulla meccanica statistica dell'oscillatore armonico quantistico.
- Lezione 5 del **20 Marzo 2018**. Difetti di Frenkel e loro caratterizzazione nell'ensemble Microcanonico. Oscillatore armonico quantistico nell'ensemble Microcanonico: caso "stilizzato" (problema del combinatorio di "quanti in scatole") e cenni sulla sua estensione al caso completo in 3 dimensioni spaziali.
- Lezione 6 del **22 Marzo 2018**. Oscillatore armonico quantistico nell'ensemble microcanonico: caratterizzazione dell'entropia e dell'energia interna, limiti di basse e alte temperature, teorema di equipartizione. Gas libero: dalla meccanica quantistica alla meccanica classica, formula di Sackur-Tetrode.
- Lezione 7 del **27 Marzo 2018**. Oscillatore armonico classico e teorema dell'equipartizione dell'energia. Gas ultrarelativistico e calori specifici. Cenni sulla distribuzione di probabilità caratteristica dell'Ensemble Canonico e funzione di partizione Canonica.

- Lezione 8 del **27 Marzo 2018**. Ensemble Canonico e funzione di partizione Canonica. Legame con la termodinamica di equilibrio: connessione tra funzione di partizione canonica e potenziale energia libera. Gas libero nell'ensemble Canonico: equazione di stato ed energia interna, teorema di equipartizione dell'energia. Oscillatore armonico classico nell'ensemble canonico, teorema di equipartizione dell'energia.
- Lezione 9 del **3 Aprile 2018**. Sistemi con spettro discreto nell'ensemble Canonico: sistemi di spin e confronto diretto dei potenziali termodinamici entropia ed energia interna ottenuti nell'ensemble Microcanonico. Oscillatore armonico quantistico nell'Ensemble canonico e limite di alte e basse temperature. Alcuni cenni/richiami sulla crisi della fisica classica.
- Lezione 10 del **5 Aprile 2018**. Sistema a due stati in campo gravitazionale e sua caratterizzazione nell'ensemble Canonico. Oscillatore armonico sottoposto a forza di volume esterna costante. Gas ultra-relativistico e sua caratterizzazione nell'ensemble Canonico. Teorema di equipartizione generalizzato nel contesto dell'ensemble Canonico.
- Lezione 11 del **10 Aprile 2018**. Meccanica Statistica del paramagnetismo, magnetizzazione e suscettività magnetica, funzioni di Langevin e formula di Curie. Problemi con particelle in potenziale centrale e caratterizzazione della densità non omogenea.
- Lezione 12 del **12 Aprile 2018**. Fluttuazioni dell'energia nell'ensemble Canonico, calore specifico ed equivalenza tra ensemble Canonico ed ensemble microcanonico. Esercizi sulle fluttuazioni per sistemi con spettro di energia discreto. Cenni sull'equazione di stato di Van der Waals.
- Lezione 13 del **16 Aprile 2018**. Potenziali di interazione a coppie nell'Ensemble canonico: esempio di due particelle legate da una forza elastica. Gas di Van der Waals nell'ensemble canonico, effetti di volume escluso ed delle code attrattive, equazione di stato e cenni sulle transizioni di fase.
- Lezione 14 del **17 Aprile 2018**. Ensemble grancanonico: pesi statistici e legame con la termodinamica. Funzione di partizione grancanonica ed equazioni costitutive per pressione, energia media, numero medio di particelle e fluttuazioni nel numero medio di particelle.
- Lezione 15 del **19 Aprile 2018**. Energia media nell'ensemble Grancanonico: esempi per il gas libero e per molecole caratterizzate da atomi con interazioni elastiche. Teorema di equipartizione dell'energia generalizzato nel contesto del Grancanonico. Cenni sulle fluttuazioni nel numero di particelle e legame con isoterme di equilibrio.

- Lezione 16 del **24 Aprile 2018**. Fluttuazioni nel numero di particelle nell'ensemble grancanonico e legame con la compressibilità. Equivalenza degli ensembles e cenni sulle transizioni di fase, equazione di Clausius-Clapeyron. Equilibrio solido-gas nell'ensemble grancanonico (cenni).
- Lezione 17 del **26 Aprile 2018**. Caratterizzazione dettagliata dell'equilibrio Solido-Gas nell'ensemble Grancanonico (gas ideale e oscillatori armonici quantistici). Equilibrio delle fasi e limite termodinamico. Esercizi di ripasso sul canonico in relazione al problema dell'equilibrio solido-gas. Cenni di meccanica statistica quantistica.
- Complemento del **30 Aprile 2018**. Lezione di ripasso sui Rotatori.
- Lezione 18 del **3 Maggio 2018**. Meccanica Statistica Quantistica e matrice densità. Postulati della meccanica statistica quantistica: postulato delle uguali probabilità e postulato delle fasi random. Medie di Ensemble e caratterizzazione quantistica dei vari Ensembles.
- Lezione 19 del **8 Maggio 2018**. Formulazione della Meccanica Statistica Quantistica nell'Ensemble Grancanonico ed equazioni costitutive per pressione, numero medio di stati ed energia interna. Commenti sul limite Classico per basse fugacità.
- Lezione 20 del **10 Maggio 2018**. Equazioni costitutive dei gas quantistici e relazione tra pressione ed energia. Correzioni quantistiche all'equazione di stato dei gas ideali. Fenomenologia nel caso di fermioni e bosoni.
- Lezione 21 del **14 Maggio 2018**. Gas di Fermi a basse temperature, caratterizzazione delle funzioni di Fermi: relazione di ricorrenza e sviluppo in serie. Espansione di Sommerfeldt, energia di Fermi e correzioni a basse temperature.
- Lezione 22 del **15 Maggio 2018**. Integrali caratteristici dell'espansione di Sommerfeldt, espressione dell'energia di Fermi in funzione della densità del sistema e correzioni a temperatura finita per energia interna e potenziale chimico. Gas di Fermi ultrarelativistico.
- Lezione 23 del **17 Maggio 2018**. Gas di Fermi ultrarelativistico, energia di fermi, energia interna e pressione per il caso completamente degenere. Gas di Fermi libero in 2 dimensioni spaziali. Gas di fermi con spettro di energia e struttura a bande.
- Lezione 24 del **21 Maggio 2018**. Esercizi sul gas di Fermi: approssimazioni a basse temperature per il numero medio di occupazione, calcolo dell'energia interna per sistemi di fermioni completamente

degeneri in presenza di bande di energia. Gas di Fermi completamente degeneri in presenza di campi esterni: calcolo dell'energia di fermi e dell'energia interna.

- Lezione 25 del **22 Maggio 2018**. Entropia per un gas di Fermi a temperatura finita e sua caratterizzazione in termini di funzioni di Fermi. Calore specifico per sistemi di fermioni a temperatura finita e scrittura con funzioni di Fermi. Cenni introduttivi sulla condensazione di Bose-Einstein.
- Lezione 26 del **24 Maggio 2018**. Condensazione di Bose-Einstein e sue manifestazioni termodinamiche. Calcolo della temperatura critica e caratterizzazione della coesistenza di fasi con il calore latente. Funzioni di Bose e loro andamenti asintotici a basse e grandi fugacità.
- Lezione 27 del **29 Maggio 2018**. Esercizi sul problema della condensazione di Bose-Einstein. Ripasso del caso di particella libera in un dominio tridimensionale e sua generalizzazione al caso di generiche dimensioni con hamiltoniana di singola particella funzione a potenza del solo impulso. Problema dell'effusione.
- Lezione 28 del **31 Maggio 2018**. Teoria cinetica e formula cinetica per la pressione, rate di particelle e rate di energia. Radiazione di corpo nero, formula di Planck. Legame con statistica quantistica e potenziali termodinamici per il gas di fotoni.