

AA 2020-21

Corso di laurea in Scienze Fisiche e Astrofisiche (B058)
Curriculum FISICA DELLA MATERIA (D34)
Insegnamento B020998 - FISICA DEI LIQUIDI E SOFT MATTER

Introduzione alla fisica della materia soffice (Soft Matter) - 2 ore: fenomenologia e complessità di questi materiali. Sistemi in equilibrio termodinamico: Diagrammi di fase ed equazioni di stato. Sistemi puri: Fasi e mesofasi. Sistemi composti: diagrammi binari e ternari. Sistemi fuori equilibrio: fasi metastabili e amorfe. I liquidi sottoraffreddati e i vetri.

----- Prima parte ----- Prof. E. Guarini

Potenziali intermolecolari - 3 ore: definizione del potenziale in approssimazione di Born-Oppenheimer. Sviluppo in serie e potenziale di coppia. Tipologia dei legami attrattivi e repulsivi. Metodi matematici necessari.

Proprietà meccaniche - 2 ore: introduzione. Definizione del tensore degli sforzi, tensore delle deformazioni e del tensore delle velocità di deformazione. Equazione costitutiva. Solidi, liquidi Newtoniani e non-Newtoniani. Materiali viscoelastici, modello di Zwanzig per la viscosità. Modelli microscopici per un solido elastico e per il liquido viscoso.

Funzioni di correlazione e scattering - 8 ore: Funzioni di correlazione. Sviluppi in densità. Fattore di struttura statico. Funzione intermedia di scattering e fattore di struttura dinamico. Dinamica collettiva e di singola particella. Regimi dinamici. Fattore di struttura dinamico self in regime cinetico e diffusivo. Fattore di struttura dinamico dalla teoria idrodinamica. Modello viscoelastico. Funzione di autocorrelazione della velocità. Autocorrelazioni delle correnti longitudinali e trasverse. Modi acustici longitudinali e trasversi. Funzionalità generale delle funzioni di correlazione temporale: sviluppi multiesponenziali. Tecniche di scattering. Scattering di neutroni per studi della struttura statica e dinamica di liquidi: metalli liquidi, liquidi molecolari classici e quantistici. Applicazioni.

Teoria della risposta lineare e teorema di fluttuazione-dissipazione - 6 ore. Proprietà delle funzioni di risposta e della suscettività. Parte dissipativa della suscettività e suo legame con gli spettri di funzioni di correlazione all'equilibrio. Il teorema di Kubo nel caso della funzione di correlazione intermedia di scattering. La funzione di risposta di un oscillatore armonico smorzato (DHO). Importanza del DHO nella fisica dei liquidi. Modi collettivi nei liquidi e descrizione di spettri dinamici. Carattere semi universale di alcune proprietà dei liquidi semplici. Cenni ai metodi di simulazione al computer per la fisica dei liquidi.

Transizioni di fase- 2 ore: Introduzione. Richiami termodinamici: funzioni di stato, energie libere e loro derivate. Classificazione delle transizioni di fase secondo Ehrenfest. Fenomeni critici ed esponenti critici. Transizione di fase ordine-disordine e parametri d'ordine. Introduzione alla teoria di Landau: calcolo dell'esponente critico del parametro d'ordine di una transizione del secondo ordine.

Miscela liquido-liquido fenomeni di separazione di fase – 2 ore: Effetti ottici ed opalescenza critica. Teoria statistica della transizione di fase, calcolo di energie ed entropia. Introduzione ai concetti di stabilità e metastabilità.

----- Seconda Parte ----- Prof. R. Torre

Cristalli Liquidi – 8 ore: Tipologia delle fasi liquido cristalline e delle molecole. Osservazione di una transizione isotropo-nematica al microscopio polarizzatore.

Definizione del parametro d'ordine orientazionale e suo calcolo. Proprietà ottiche di una fase nematica, e misura del parametro d'ordine al variare di T. Osservazione di fenomeni di birifrangenza con radiazione ottica: calcolo del segnale misurato in un'esperienza di trasmissione con polarizzatori incrociati.

Teoria di Landau-deGennes per la transizione isotropo-nematica.

Proprietà elastiche: definizione dell'energia di Frank e significato delle costanti elastiche. Proprietà elettriche: definizione dei campi elettrici statici nei mezzi liquido cristallini, espressione dell'energia di interazione tra il campo elettrico e il cristallo liquido. Competizione tra proprietà elastiche ed elettriche, transizione di Frederiks e sua rilevanza applicativa (Liquid Crystal Display).

Polimeri -4 ore: Introduzione alle caratteristiche chimico-fisiche, struttura e processi di polimerizzazione. Definizioni ed esempi di materiali polimerici. Modello a catena libera. Modelli di random walk per le catene polimeriche; Distribuzione Gaussiana; Calcolo dell'entropia configurazionale e energia libera ; Modello di Kratky-Porod e Gaussian Coil. Raggio di Girazione.

Diffusione della luce da una catena polimerica Gaussiana; calcolo e misura del fattore di struttura.

Processi di scattering ottico -2 ore: calcolo della radiazione diffusa da singolo scattering in approssimazione di Rayleigh, definizione molecolare del tensore di scattering e suo collegamento con la funzione di scattering intermedia e il fattore di struttura, segnale misurato in un esperimento con rivelazione omodina.

Colloidi - 2 ore: introduzione alle fasi colloidali con fasi disperse di diversa natura; nanoparticelle metalliche ed effetti plasmonici, struttura e stabilità delle fasi, Dinamica di particelle colloidali: il moto Browniano, evidenza sperimentale dei processi di diffusione, Equazioni stocastiche e idrodinamica, calcolo del coefficiente di diffusione Browniana secondo il modello di Stokes-Einstein, rilevanza nella fisica del modello di Smoluchowski-Einstein.

Fasi vetrose – 2 ore: definizione della transizione e tipologie di vetri. Un esempio: i vetri silicati e processi di rottura. Caratteristiche sperimentali della transizione: termodinamiche, strutturali e dinamiche. Entropia quasi-equilibrio e fuori-equilibrio, liquidi sottoraffreddati e vetri. Fenomeni dinamici alla transizione e funzioni di correlazione. Vetri forti e fragili. Viscosità: Angell plot, andamento di Arrhenius e Vogel-Fulcher, concetto di fragilità. Modello teorico di Adam-Gibbs.

Modelli fisici per i processi dinamici – 2 ore: introduzione alle diverse teorie, modello di Mori- Zwanzig e funzioni memoria, equazioni di probabilità e di Fokker-Plank; Equazione di Langevin, calcolo delle funzioni di correlazione delle velocità e degli spostamenti, moto diffusivo e balistico, coefficienti di diffusione e relazione di Green-Kubo, relazione di fluttuazione-dissipazione nelle soluzioni del moto Browniano.

Gel – 2 ore: gel fisici e chimici. Proprietà elastiche: polimeri e gomme; fenomeni di elasticità entropica; calcolo della costante elastica per un polimero cross-linked. Modelli di transizione gel e teorie percolative: Modello di Flory-Stockmayer per la percolazione e calcolo tramite il Bethe Lattice. Definizione della transizione sol-gel come fenomeno di percolazione.

Cenni alle **tecniche sperimentali**-2 ore: Introduzione alla spettroscopia ottica pulsata; Tecniche di spettroscopia eccitazione-sonda con impulsi laser ultracorti. Visita ai laboratori.

Testo di riferimento:

R.A.L. Jones, Soft Condensed Matter, Oxford University Press 2002.

Altri testi per approfondimento:

J. N. Israelachvili-Intermolecular and Surface Forces- 1998.

L.D.Landau and E.M.Lifshitz, vol. 6 Fluid mechanics, vol.7 Theory of Elasticity, - 1981

U. Balucani and M. Zoppi, Dynamics of the Liquid State, Clarendon Press, Oxford 1994.

J. P. Hansen and I. R. McDonald, Theory of Simple Liquids, Academic Press, London, UK, 1986.

J.L. Barrat and J.P.Hansen, Basic Concepts for Simple and Complex Liquids-2003.

B.J. Berne and R. Pecora-Dynamic Light scattering- 1990.

G. L. Squires, Introduction to the Theory of Thermal Neutron Scattering, Cambridge University Press, 1996.

G. Vertogen and W.H. de Jeu -Thermotropic Liquid Crystals-1988.

H. E. Stanley-Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena -1971.

P. M. Chaikin and T. C. Lubensky - Principles of Condensed Matter Physics-1995.

M. Doi and H. See-Introduction to polymer physics-1996.

M. Doi and S. F. Edwards-The Theory of Polymer Dynamics-1988.

N. Phan-Thien, Understanding Viscoelasticity, An Introduction to Rheology- 2013

R.Torre-Time-resolved Spectroscopy in Complex Liquid- 2008.