

Programma.

Stati elettronici nei solidi: l'approssimazione ad un elettrone e il suo superamento.

Il problema a molti corpi di elettroni e nuclei in interazione. Il metodo di Hartree. Funzioni d'onda determinanti ed elementi di matrice di operatori a una e due particelle. Il metodo Hartree-Fock.

Teorema di Koopmans ed energie totali. Energie di ionizzazione e di eccitazione. Carica di scambio e buca di Fermi. Calcolo della distribuzione spaziale di elettroni. Gas di elettroni omogeneo in approssimazione Hartree-Fock. Approssimazione di Slater. Energie di transizione HF in sistemi "closed shell".

Descrizione di operatori a una e due particelle nel formalismo della seconda quantizzazione.

La teoria del funzionale densità.

Stati elettronici nei solidi: metodi per il calcolo delle bande di energia.

Il metodo del Tight-binding. Il metodo delle onde piane e delle onde piane ortogonalizzate.

Il metodo dello pseudopotenziale. Pseudopotenziali a norma conservata.

Il metodo della funzione di Green. Il metodo di Ricorrenza.

Eccitoni, plasmoni e schermo dielettrico nei cristalli.

Stati eccitonici in cristalli, modello a due bande. Soluzione approssimata dell'equazione integrale per gli eccitoni. Eccitoni debolmente e fortemente legati. Proprietà ottiche degli eccitoni.

Eccitazioni Plasmoniche: considerazioni generali. Risposta lineare e funzione dielettrica longitudinale.

Modello di Thomas Fermi per lo schermo dielettrico in metalli. Espressione quantistica per la funzione dielettrica longitudinale nei materiali. Regole di somma. Modello di Lindhard per lo schermo dielettrico statico nei metalli. Schermo dielettrico dinamico in metalli e modi plasmonici.

Sistemi di elettroni e nuclei in interazione.

L'approssimazione di Born-Oppenheimer. Fogli di potenziale degeneri e teorema Jahn-Teller

Superfici adiabatiche del sistema vibronico ($E \bullet e$). Teorema di Hellmann-Feynman e sua applicazione al calcolo delle forze sui nuclei.

Definizione di fase di Berry. Applicazione della fase di Berry all'effetto Jahn-Teller.

Superconduttività.

Aspetti fenomenologici della superconduttività. Proprietà elettriche di un conduttore perfetto. Proprietà magnetiche di un conduttore perfetto ed Effetto Meissner-Ochsenfeld. Calori specifici nei superconduttori. Effetto isotopico. Energia libera di Gibbs per un materiale in campo magnetico. Termodinamica della transizione alla superconduzione.

Modello fenomenologico dei London. Variazione della lunghezza di penetrazione e della concentrazione di superelettroni con la temperatura. Condizioni al contorno per B e H; fattore di demagnetizzazione e stato intermedio. Proprietà magnetiche dello stato intermedio. Energia superficiale tra fase normale e superconduttiva. Lunghezza di coerenza ed energia superficiale. Elettrodinamica di Pippard e lunghezza effettiva di penetrazione dei campi. La teoria di Ginzburg-Landau. Superconduttori di tipo I e II.

Interazione elettrone-fonone. Interazione elettrone-elettrone indotta dai fononi

Le coppie di Cooper. Determinazione variazionale della funzione d'onda dello stato fondamentale in un superconduttore. Energia dello stato fondamentale ed effetto isotopico. Distribuzione in momento e lunghezza di coerenza. La trasformazione canonica di Bogoliubov. Stati eccitati di un superconduttore a $T=0$.

Correnti persistenti in un superconduttore. Eccitazioni a temperatura finita.

Andamento del gap di un superconduttore con la temperatura. Calore specifico elettronico e teoria BCS.

Tunneling di elettroni in superconduttori. Tunneling di coppie ed Effetto Josephson.

Superconducting quantum interference devices (SQUID).