Pisni izpit iz Fizike trdne snovi

27. 6. 2000

1. Molekule C_{60} kristalizirajo pri sobni temperaturi v tesno zloženo mrežo. Pri sipanju rentgenske svetlobe z valovno dolzino $\lambda = 0.229$ nm na praškastemu vzorcu v območju sipalnih kotov od 10°-40° opazimo uklonske vrhove pri kotih: 16.06°, 18.6°, 26.36°, 31.02°, 32.44°. Upoštevaj, da se molekule C_{60} pri sobni temperaturi zelo hitro vrtijo in jih lahko obravnavas kot tanke krogelne lupine z radijem 0.35 nm.

   (a) Določi simetrijo in dimenzije osnovne celice in indeksiraj vrhove!

   (b) Kateri sipalni vrh ima največjo/najmanjšo intenziteto?

2. Na polprevodniku z energijsko režo 0.67 eV, ki je dopiran z 10^{22} donorji na m^3, merimo Hallovo konstanto. Efektivna masa elektronov je 0.56 in vrzeli 0.35 mase prostih elektronov, gibljivost pa 0.38 m^2/Vs za elektrone in 0.18 m^2/Vs za vrzeli.

   (a) Izračunaj vezavno energijo primesi, če je pri 20K R_H = -4.66 10^{-3} m^3/As?

   (b) Izračunaj razmerje Hallovih konstant pri 500K in 300K!

3. V verigi ionov so spini valenčnih elektronov sklopljeni z lokaliziranimi spini ionov. Verigo takšnih ionov lahko obravnavamo s poenostavljenim hamiltonianom:

$$H = -\sum_n \left(t\,|\Psi_n\rangle\langle\Psi_{n-1}| + t^*\,|\Psi_{n-1}\rangle\langle\Psi_n|\right) - J_H \sum_n S_n^z \sigma_n^z\,|\Psi_n\rangle\langle\Psi_n| - J\sum_n S_n^z S_{n-1}^z.$$

   Prva vsota v izrazu predstavlja preskakovanje med sosednjimi mesti v verigi, kjer je $|\Psi_n\rangle$ valenčna Wannier-jeva funkcija na $n-$ tem atomu in t preskakovalni integral med Wannier-jevima funkcijama na sosednjih atomih. Druga vsota predstavlja sklopitev med ionskimi spini in spini valenčnih elektronov, kjer je S_n^z komponenta ionskega spina vzdolž izbrane smeri, σ_n^z komponenta spina valenčnega elektrona v stanju $|\Psi_n\rangle$ in J_H konstanta sklopitve. Tretja vsota predstavlja neposredno sklopitev med sosednjimi ionskimi spini.
   Model še dodatno poenostavimo s tem, da obravnavamo ionske spine klasično in zanemarimo njihovo dinamiko.

   (a) V primeru močne feromagnetne sklopitve med ionskimi spini so pri zelo nizkih temperaturah vsi ionski spini obrnjeni vzdolž osi z, $S_n^z = S$, kar odpravi degeneracijo Blochovih stanj $|k, \sigma_z\rangle$ z različno komponento spina σ_z. V približku tesne vezi izračunaj, za katere vrednosti sklopitve J_H bo veriga izolator, če pride na vsak ion en valenčen elektron, in skiciraj elektronska pasova? Kolikšna bo v tem primeru magnetizacija valenčnih elektronov?

   (b) Izračunaj odvisnost magnetizacije od J_H v območju, kjer je veriga prevodnik!

   (c) V primeru antiferomagnetne sklopitve ionskih spinov, $J < 0$, ni očitno, kako se bodo uredili lokalizirani spini. Ugotovi za katere vrednosti J da antiferomagnetna ureditev ionskih spinov nižjo polno energijo kot v primeru feromagnetne ureditve? Valenčne elektrone obravnavaj v približku tesne vezi.