|  |  |
| --- | --- |
| SÁRKÁNY LŐRINCFizikus MSc.MSc, 3. félévBudapesti Műszaki és Gazdaságtudományi EgyetemTermészettudományi Kar |  |

Témavezetők:

|  |
| --- |
| Dr. Zaránd Gergelyegyetemi tanár, BME TTK |
| Dr. Szirmai Edinapostdoc kutató, BME TTK |

Wigner-kristály elméleti vizsgálata félvezető szén nanocsövekben

A szén nanocsövek felfedezésük óta aktív kutatások tárgyát képezik. Erősen kölcsönható egydimenziós elektrongázként olyan, a Fermi-folyadék elmélettel leírható két- és háromdimenziós elektrongázoktól alapvetően eltérő jelenségeket mutatnak, mint pl. a spin-töltés szeparáció.

Geometriájuktól függően lehetnek fémesek és félvezetők is. A grafénhoz hasonlóan a Brillouin-zóna K és K' pontjai körül lineáris diszperziót mutatnak. Ugyanakkor félvezető nanocsövekben a K és K' pont nem megengedett állapot, ezért a vezetési elektronok egy jól definiált hullámszámmal mozognak a nanocső kerülete mentén, az egyik vagy másik irányba. Ez a spin mellett egy új, kizárólag a nanocső-struktúra következtében megjelenő szabadsági fokot jelent az elektronoknak, melyet izospinnek nevezünk. Világszerte intenzív kutatások folynak, hogy ezen sajátságot a spintronika és a kvantumszámítógépek területén kamatoztassák.

Nemrég kísérletileg is sikerült kimutatni, hogy alacsony elektronsűrűség esetén a hosszú hatótávolságú Coulomb-kölcsönhatás következtében a nanocső elektronjai lokalizálódnak, és Wigner-kristályba rendeződnek. Hígítva az elektrongázt több új kvantum fázisátalakulást figyeltek meg (különféle spin és izospin rendeződések).

Dolgozatomban egy általam kidolgozott, a Wigner-kristályt leíró részletes, mikroszkopikus modellt ismertetek, melyben figyelembe vesszük az elektronok spin és izospin szabadsági fokát is. A k\*p perturbációszámításból adódó hullámfüggvényekből a K, K' pontok környékére lokalizált hullámcsomagokat készítünk. Hartree-közelítésben kiszámtjuk az elektronokra ható effektív potenciált. A kicserélődési kölcsönhatás meghatározásához egy kétrészecske problémát vizsgálunk. Miután a spin szektor SU(2), az izospin szektor viszont csak ℤ2 szimmetriával rendelkezik, ez egy összetett kicserélődési kölcsönhatáshoz vezet, mely összecsatolja a szomszédos elektronok spinjét és izospinjét. A csatolás erősségének a gáz sűrűségétől való függését szemiklasszikus közelítésben számítjuk. Feltérképezzük mágneses tér jelenlétében, hogy az elektronsűrűség függvényében milyen fázisok, fázisátalakulások lehetségesek T=0 hőmérsékleten.

Irodalom:

V.V. Deshpande et al., The one-dimensional Wigner-crystal in carbon nanotubes, Nature Physics 4, 314 (2008).

V.V. Deshpande et al., Electron liquids and solids in one dimension, Nature 464, 209 (2010)

R. Saito, G. Dresselhaus, M.S. Dresselhaus, Physical Properties of Carbon Nanotubes, Imperial College Press (London), 1998