

# Záróvizsga tételsor

## BME TTK, Fizikus MSc

Nanotechnológia és anyagtudomány specializáció

### Szilárdtest-fizikai alapismeretek

#### 1. Elektronszerkezet és elektrontranszport

Elektronok sáv szerkezete, fémek és félvezetők. Elektromos vezetési jelenségek leírása a Drude-modellel. Bloch-elektronok kváziklasszikus dinamikája, transzportfolyamatok leírása a Boltzmann-egyenlettel. Fémek ellenállásának hőmérsékletfüggése. Transzportjelenségek nanométeres skálán, tipikus méretskálák. Landauer-formula, vezetőképesség-kvantálás. Elektronok hővezetése, Seebeck- és Peltier-effektus.

#### 2. Félvezetőfizika alapjai

Félvezetők alaptulajdonságai, sáv szerkezet, termikusan gerjesztett töltéshordozók, kémiai potenciál, töltéshordozó-koncentráció véges hőmérsékleten. Adalékolt félvezetők, donor és akceptor állapotok, hőmérsékletfüggő viselkedés.

#### 3. Félvezető eszközök

Félvezető elektronikai eszközök: Schottky-gát és dióda, p-n átmenet, Zener-dióda, Esaki-dióda, bipoláris és térvezérelt tranzisztor, flash memória. Félvezető optikai eszközök: lézerek, világító dióda, napelem, kék LED.

#### 4. A mágnesség alapjai és alkalmazása

Atomok mágneses momentuma, pálya- és spinmomentum, Hund-szabályok. A ferromágnesség átlagtérelmélete, kicserélődési kölcsönhatás. Spintronika: óriás mágneses ellenállás (GMR) jelensége, spinszelep. Mágneses szenzorok. Spin-qubit, ESR.

### Modern anyagvizsgáló és nanofabrikációs módszerek

#### 5. Modern mikroszkópiai módszerek

Pásztázó szondás módszerek: pásztázó alagútmikroszkóp, atomerő mikroszkóp. Elektronmikroszkópia: pásztázó és transzmissziós elektronmikroszkóp.

#### 6. Nanoszerkezetek az elektronikában, modern nanofabrikációs módszerek

Félvezető eszközök és nanoszerkezetek gyártási lépései top-down módszerekkel: elektronsugaras, optikai és soft litográfia; rétegnövesztési módszerek. Band-engineering, kétdimenziós elektrongáz, HEMT. Moore-törvény, CMOS, MOSFET, 3D tri-gate tranzisztor. Mikro-elektromechanikai rendszerek. Bottom-up módszerek, önszerveződő rendszerek.

#### 7. Elektronszerkezeti és rezgési tulajdonságok vizsgálata optikai módszerekkel

Atomok, fémek, félvezetők és szigetelők optikai válasza. Molekuláris és rácsrezgések kölcsönhatása fényel. Infravörös és Raman-spektrométerek felépítése és működése.

#### 8. Felületanalitikai és szerkezet vizsgálati módszerek

SIMS, SNMS, XPS és AES módszerek. Működési elvük, felületi érzékenység, kinyerhető információk. Mikroszkópiával kombinált technikák: EDS, EBD, EELS. Szerkezetvizsgálat Röntgen-diffrakcióval.

A záróvizsgán mind a *szilárdtest-fizikai alapismeretek*, mind a *modern anyagvizsgáló és nanofabrikációs módszerek* tételcsoportból egy-egy résztételt kell ismertetni (pl. *transzportfolyamatok leírása a Boltzmann-egyenlettel + pásztázó alagútmikroszkóp, atomerő mikroszkóp*).

A *szilárdtest-fizikai alapismeretek* tételcsoport ismeretanyagának elsajátításához jó alapot szolgáltatnak a BME fizika BSc képzés *Szilárdtestfizika alapjai (BMETE11AF05)* és *Alkalmazott szilárdtestfizika (BMETE11AF11)/Elméleti szilárdtestfizika (BMETE11AF34)* tárgyai. Ezen ismeretek elmélyíthetők a fizikus MSc képzés *Félvezetők fizikája (BMETE11MF26)*, *A nanofizika alapjai (BMETE11MF37)* és *Mágnesség elmélete (BMETE11MF44)* tárgyai keretében, azonban ezen kötelezően választható tárgyak teljesítése nem szükséges feltétele a záróvizsgának.

A *modern anyagvizsgáló és nanofabrikációs módszerek* tételcsoport ismeretanyagának alapját a fizikus MSc képzés *Nanotechnológia és anyagtudomány (BMETE11MF36)* tárgya szolgáltatja, az ott elsajátított ismeretek kiegészíthetők az *Optikai spektroszkópia az anyagtudomány (BMETE11MF39)*, és a *Mikro- és nanotechnológiák (BMETE12AF33)* tárgyak keretében.

A záróvizsgának hangsúlyos része a diplomamunka megvédése. Ennek keretében a jelölt előadást tart az elért eredményekről külön kitérve a kutatási terület fizikai alapjaira is. Ezt egy részletes diszkusszió követi, melynek keretében a jelölt saját eredményeire vonatkozó szakmai kérdéseken túl a Záróvizsgabizottság felméri a jelölt tájékozottságát a kutatási terület szakirodalmával és elméleti alapjaival kapcsolatban is.