

## Kondenzált anyagok fizikája (10. gyakorlat)

*Szükséges előismeretek:* rácsrezgések kvantálása, bozonok, fononok állapotsűrűsége, szilárdtestek hőkapacitása;

*Emlékeztető:* A rácsrezgések  $g(\omega)$  állapotsűrűsége megadja, hogy az  $(\omega, \omega + \Delta\omega)$  (kör)frekvencia-intervallumban, egységnyi térfogatban  $g(\omega)\Delta\omega$  darab rezgési állapot lehetséges.

**F1.** Előadáson láttuk, hogy az egyatomos, egydimenziós lineáris lánc rugós-golyós modelljében a rácsrezgések diszperziós relációját az

$$\omega(q) = \sqrt{\frac{4D}{m}} \left| \sin\left(\frac{qa}{2}\right) \right|$$

összefüggés adja meg, ahol  $D$  a rugóállandó,  $m$  a golyók tömege,  $a$  pedig a szomszédos golyók távolsága. Határozzuk meg és ábrázoljuk a rezgések  $g(\omega)$  állapotsűrűségét!

**F2.** A kétdimenziós négyzetrács (előfeszített) rugós-golyós modelljében két akusztikus ( $x$  és  $y$  irányban polarizált rácsrezgéseknek megfelelő) diszperziós ágat kaptunk, melyek diszperziós relációi:

$$\omega_x(q_x, q_y) = \sqrt{\frac{4D}{m} \sin^2\left(\frac{q_x a}{2}\right) + \frac{4F_0}{ma} \sin^2\left(\frac{q_y a}{2}\right)},$$

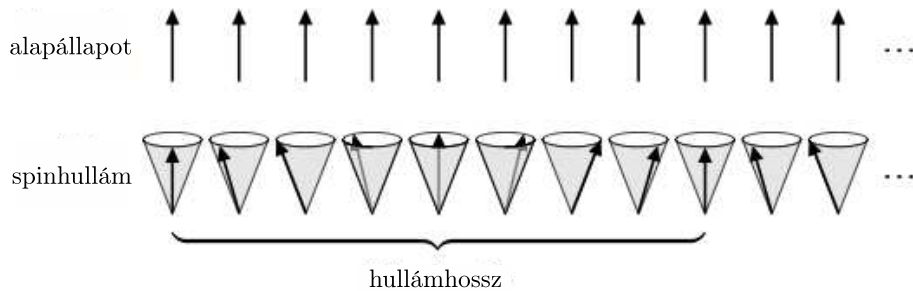
$$\omega_y(q_x, q_y) = \sqrt{\frac{4D}{m} \sin^2\left(\frac{q_y a}{2}\right) + \frac{4F_0}{ma} \sin^2\left(\frac{q_x a}{2}\right)},$$

ahol  $F_0$  a rugók előfeszítése,  $D$  a rugóállandó,  $m$  a golyók tömege,  $a$  pedig a rácsparaméter.

Határozzuk meg mindkét diszperziós ágra a kis hullámszámú (azaz hosszú hullámú) rezgési módusok  $g_\lambda(\omega)$  állapotsűrűségét, ahol  $\lambda = x, y$  a diszperziós ágat jelöli.

*Gyakorló feladat:*

**Gy1.** Ferromágneses kristályokban a (klasszikusnak tekintett) atomi mágneses momentumok a környező atomok által keltett mágneses mezőben precesszálni kezdenek az eredeti egyensúlyi állapotuk körül. Ez a precessziós mozgás hullámszerűen terjedhet a kristályban, azaz a szomszédos atomi mágneses dipólusok azonos (kör)frekvenciával, de fáziskülönbséggel precesszálnak (lásd az ábrát). Ezt a hullámmozgást nevezik spinhullámnak, melynek elemi gerjesztései a *magnonok*.



Megmutatható, hogy ferromágneses spinhullámok  $\omega$  körfrekvenciája és  $\mathbf{q}$  hullámszámvektora közötti összefüggés (a diszperziós reláció):

$$\omega(\mathbf{q}) = \gamma \mathbf{q}^2,$$

ahol  $\gamma$  állandó. Számítsuk ki a spinhullámok állapotsűrűségét *kétdimenziós* mágneses rendszerben, ha tudjuk, hogy a rendszer területe  $A$ .