

### ارتعاشات شبکه

۱. یک شبکه دوبعدی با ساختار مربعی در نظر بگیرید. فرض کنید که برای این شبکه  $k_1 = 2k_2$  باشد، که در اینجا  $k_1$  ثابت فنر همسایه‌های اول و  $k_2$  ثابت فنر مربوط به همسایه‌های دوم است. رابطه پاشندگی فونون‌ها را بدست آورید.

۲. یک شبکه سه بعدی  $bcc$  از اتم‌های یکسان در نظر بگیرید. رابطه پاشندگی فونون‌های این شبکه را با در نظر گرفتن برهم‌کنش بین همسایه‌های اول محاسبه کرده و سرعت صوت را برای مدهای نوسانی مختلف بدست آورید.

۳. با استفاده از مدل دبای انرژی و ظرفیت گرمایی را برای جامد یک بعدی و دو بعدی بدست آورید و بررسی کنید ظرفیت گرمایی در حد دماهای خیلی پایین و دماهای خیلی بالا با دما چه رابطه‌ای دارد.

۴. در یک زنجیره هماهنگ یک بعدی که در آن فقط برهم‌کنش بین همسایه‌های اول در نظر گرفته شده است، رابطه پاشندگی به صورت  $\omega(k) = \omega_0 \left| \sin\left(\frac{ka}{4}\right) \right|$  می‌باشد، که در اینجا  $\omega_0$  فرکانس ماکزیمم است. نشان دهید چگالی حالت‌های مدهای نرمال در این حالت به صورت زیر است:

$$D(\omega) = \frac{2}{\pi a \sqrt{\omega_0^2 - \omega^2}}$$