

۱- برای یک شبکه هگزگونال دو بعدی با پارامتر شبکه $a = 3 \text{ \AA}$ و سرعت صوت $c = 10^3 \text{ m/sec}$ ، فرکانس دیافراگم را بدست آورید .

۲- یک شبکه d بعدی در دمای صفر در نظر بگیرید. چگالی عددی را $\eta (= \frac{N}{V})$ و حجم آنها را m در نظر گرفته و با استفاده از تقریب دیافراگم و فرض اینکه همه مدهای صوتی سرعت یکسان دارند :

الف) میانگین مربع جابجایی را برای $d=3$ بدست آورید $\langle R^2 \rangle$

ب) $\langle R^2 \rangle$ را برای $d=1$ بدست آورید و بگویید نتیجه فیزیکی است یا خیر؟

ج) برای $d=1$ میانگین مربع کرنش یعنی $\langle (\frac{\partial R}{\partial x})^2 \rangle$ را تعیین کنید .

۳- با استفاده از مدل دیافراگم در دمای $T \ll T_D$ ، ظرفیت گرمایی را برای یک زنجیره تک اتمی و یک بعدی با سرعت صوت v و ثابت شبکه a محاسبه کنید .

۴- به نفاذ تجربی مشخص شده است ظرفیت گرمایی کرافیت در دمای پایین با T^2 متناسب است . چگونه تئوری دیافراگم این آزمایش را توجیه می کند ؟ با محاسبه و فرضهای لازم ثابت دهید .

۵- مسئله تکمیلی :

Ferrari و همکارانش در مقاله $PRL 97(2006)187401$ به بررسی طیف رامان برای کرافیت با تعداد لایه های کم پرداخته اند. با مراجعه به این مقاله ملاحظاتی کنیم در شکل 2 ، قله های مشاهده شده منتقل می شوند. اولاً توضیح دهید تئوریک طیف نغاری رامان چیست ؟ ثانیاً دلیل این انتقال قله در شکل 2 که با کاهش تعداد لایه ها اتفاق می افتد چیست ؟ در مورد انرژی فونونها و نحوه ارتباط آن با انتقال قله صحبت کنید .