

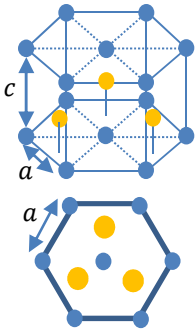
تمرین ۲ - اصول ادوات حالت جامد - تحویل شنبه ۱۰ اسفند

۱ - پارامترهای مختلفی برای چند ساختار کریستالی سه بعدی در جدول زیر آمده است. برای مثال این مقادیر برای ساختار مکعبی ساده درج شده است. جدول زیر را (با ذکر راه حل) کامل کنید.

	sc	bcc	fcc	diamond
Volume, conventional cell	a^3	a^3	a^3	a^3
Lattice points per cell	1			
Volume, primitive cell	a			
Number of nearest neighbors	6			
Nearest neighbors distance	a			
Number of second neighbors	12			
Second neighbors distance	$\sqrt{2}a$			
Packing fraction(*)	$\pi/6$			

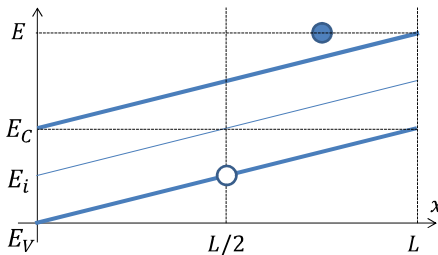
Packing fraction(*) نسبت حداکثر حجمی است که توسط کره‌های توپری که در نقاط "شبکه" قرار گرفته، اشغال می‌شود.

آیا تناسبی بین packing fraction و تعداد نزدیک‌ترین همسایه‌ها (coordination number) وجود دارد؟ حداقل یک primitive unit cell برای هر کدام از ساختارهای کریستالی فوق (به جز الماس) رسم کنید.



۲ - نشان دهید در ساختار hexagonal شکل روبرو برای بیشینه شدن packing fraction می‌بایست

$$\text{نسبت } \frac{c}{a} \text{ برابر } \sqrt{\frac{8}{3}} \text{ باشد.}$$



۳ - یک نیمه‌هادی در تعادل با نمودار انرژی روبرو توصیف می‌شود که در آن $kT = 26meV$ و $n_i = 10^{10}/cm^3$ ، $E_G = 1.12eV$.
 الف) مقادیر n و p را در $x = L/2$ و $x = L/4$ بدست آورید.
 ب) به ازای چه مقادیری از x نیمه‌هادی تبهگن (degenerate) می‌شود؟
 ج) انرژی جنبشی الکترون و حفره نشان داده شده چقدر است؟
 د) میدان الکتریکی داخل نیمه‌هادی را بدست آورید.

۴ - گرافین یک صفحه‌ی نسبتاً تخت از اتم‌های کربن است و یک نیمه‌رسانا تلقی می‌شود. گرافین آزاد گاف انرژی صفر دارد. اما اگر یک لایه گرافین روی یک زیر لایه (مثلاً SiC) قرار گیرد، گاف انرژی باز می‌کند و باندهای رسانش و ظرفیت آن با روابط زیر قابل بیان است:

$$E_C = \hbar v_F \sqrt{k^2 + \Delta^2}$$

$$E_V = -\hbar v_F \sqrt{(1 + \alpha)k^2 + \Delta^2}$$

توجه کنید که k اندازه‌ی بردار موج دوبعدی الکترون‌های حرکت کننده روی سطح گرافین، Δ ثابت قابل اندازه‌گیری و v_F سرعت فرمی الکترون‌ها و حدود یک‌سیصدم سرعت نور است.

الف) نمودار نوارها، گاف انرژی و جرم موثر حامل‌ها را بدست آورید.

ب) با استفاده از معادلات (۳-۲۱) و (۳-۲۲) کتاب درسی تان (استریتمن) سطح E_i کجا قرار می‌گیرد؟

۵ - چگالی حالات یک نیمه‌رسانا نامشخص به قرار زیر است:

$$D_C(E) = Ae^{-\alpha(E-E_C)} \quad \text{for } E \geq E_C$$

$$D_V(E) = \frac{A}{2}e^{-\alpha(E_V-E)} \quad \text{for } E \leq E_V$$

که در آن A و α ثوابت هستند. با فرض آنکه نیمه‌رسانا غیر تبهگن است و در دمای اتاق و در شرایط تعادل قرار دارد، رابطه وابستگی غلظت حامل‌ها (p و n) را بر حسب دما بدست آورید.