باسمه تعالی

با در نظر گرفتن توضیحاتی که در مورد ماهیت اتمی مایعات ارائه شد، می‌توان تصور کرد که چگالی و ساختار اتمی در نقاط مختلف مذاب دائم در حال تغییر است. این نوسانات در ویژگی‌های دیگر مذاب مانند مقدار گرمای موجود در هر منطقه نیز وجود دارد. در حوالی دمای تعادل که شرایط برای استحاله مایع–جامد فراهم می‌شود، همین نوسانات باعث می‌شوند که در نقاطی از مذاب تعدادی اتم به‌صورت تصادفی گرد هم آیند و به‌صورت لحظه‌ای واحدهایی با نظم بلندبرد بسازند که به آن‌ها نطفه[1] گفته می‌شود. هرچه تعداد اتمی که در یک لحظه به یک مرکزیت خاص جهش می‌کنند بیش‌تر باشد، نطفه ایجادشده بزرگ‌تر خواهد بود. بنابراین می‌توان تعداد زیادی نطفه‌های کوچک و بزرگ را در نقاط مختلف مذاب تصور کرد.

در تمرین قبل متوجه شدیم که انحنای فصل مشترک باعث افزایش تحت تبرید مورد نیاز برای استحاله انجماد می‌شود. دیدیم که تحت تبرید ناشی از انحنا ($\Delta T_r$) با شعاع انحنا ($r$) رابطه معکوس دارد. اگر نطفه‌ها را به شکل کره در نظر بگیریم، هرچه نطفه کوچک‌تر باشد، شعاع انحنای آن کوچک‌تر است و در نتیجه پایداری یا رشد آن به تحت تبرید بیش‌تری نیاز دارد. اگر تحت تبرید کافی ایجاد نشود، این نطفه‌ها دوباره ذوب می‌شوند. نطفه‌ها باید به یک اندازه بحرانیِ مشخص برسند تا پایدار شوند. به این نطفه‌های پایدار «جوانه[2]» گفته می‌شود و رشدشان باعث کاهش انرژی سیستم خواهد شد.

الف– اگر جوانه، ترکیبی مشابه با مذاب و جامد داشته باشد، به فرآیند تشکیل جوانه «جوانه‌زنی همگن» گفته می‌شود. در این تمرین می‌خواهیم عکس تمرین قبل عمل کنیم، یعنی می‌خواهیم محاسبه کنیم که اگر نطفه به شکل کره باشد، حداقل شعاع جوانه در یک $\Delta T$ مشخص چقدر است. در واقع به دنبال شعاع بحرانی نطفه کره‌ای‌شکل ($r^*$ یا $r_{cr}$) هستیم. برای سادگی، فرض می‌کنیم که فلز خالص است، فشار ثابت است و شیب حرارتی نداریم (به‌طور خلاصه $\Delta T = \Delta T_r$).

ب– با توجه به یافته‌های خود توضیح دهید که چرا با افزایش تحت تبرید، احتمال ریزدانه شدن فلز بیش‌تر است.

ج– سد انرژی جوانه‌زنی ($\Delta G^{hom}$) را به دست آورید.

[1] . Embryo
[2] . Nucleus