

ГОМОГЕННОЕ ЗАРОДЫШЕОБРАЗОВАНИЕ В СРЕДЕ ЭЛЕКТРОНЕЙТРАЛЬНЫХ ЧАСТИЦ

Шингарев Д.С.

Научный руководитель – Скапцов А.С., к.ф.-м.н., доцент
Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Республика Беларусь

Появление зародышей новой фазы в метастабильной системе связано с переходом вещества в термодинамически стабильное состояние. В метастабильной фазе происходит гомогенное спонтанное образование ансамбля частиц из атомов материнской фазы. Скорость образования спонтанно растущих зародышей сверхкритического размера в метастабильной фазе мала, а равновесное статистическое распределение зародышей по размерам вплоть до критического не нарушается и не изменяется во времени. Сами зародыши в рамках такого подхода можно рассматривать, как сферические капли.

Предположим, что в пересыщенном паре некоего вещества образовалась сферическая жидкая частица того же вещества радиусом r , причем температура системы T в ходе процесса поддерживалась постоянной. Изменение потенциала Гиббса при протекании такого процесса описывается выражением:

$$\Delta G = -\frac{4}{3}\pi r^3 \frac{\Delta\mu}{\Omega} + 4\pi r^2 \sigma, \quad (1)$$

где $\Delta\mu = kT \ln S$ - изменение химического потенциала; $\Omega = \frac{M}{N_A \rho}$ - удельный

объем в расчете на одну молекулу; ρ – плотность вещества в жидком состоянии при температуре T . При малых r превалирует второй положительный член в правой части уравнения (1), связанный с поверхностью частицы и ΔG увеличивается с ростом r . При больших r основную роль начинает играть первый член уравнения (1) и с ростом r величина ΔG уменьшается. Данный результат указывает на существование энергетического барьера при образовании частицы из собственного пересыщенного пара. Если $S > 1$ (обязательное условие образования частиц) в зависимости ΔG от r существует, так называемый, критический радиус зародыша r^* , при преодолении которого частица способна к неограниченному росту при сохранении условия пересыщения пара.

Значение радиуса критического зародыша r^* можно определить из условия экстремума функции ΔG : $r^* = \frac{2\sigma\Omega}{\Delta\mu}$. Для ансамблей частиц с $r < r^*$ происходит

уменьшение потенциала системы и зародыши с $r < r^*$ абсолютно неустойчивы и должны распадаться на молекулы пара, а при $r > r^*$ - способны к неограниченному конденсационному росту, что также снижает энергию системы.

Увеличение глубины внедрения в метастабильную область, которое характеризуется возрастанием изменения химического потенциала $\Delta\mu$, приводит к уменьшению высоты потенциального барьера ΔG при зарождении новой фазы.

Термодинамический подход показывает существование энергетического барьера при образовании новой фазы, но вместе с тем, он не может предложить микроскопического механизма преодоления этого барьера.