Лекция № 2_ОФРГЖ

Фазовые переходы первого и второго рода

Фазовые переходы первого рода

- Скачком изменяется удельный объем υ или плотность $\rho = 1/\upsilon$.
- Скачком изменяется s, то есть $q_{12} \neq 0$, то есть необходима затрата теплоты фазового перехода.
- Возможны метастабильные состояния.
- **Примеры**: все переходы из одного агрегатного состояния в другое, многие переходы из одних кристаллических модификаций в другие (переход серы ромбической в моноклинную и обратно), переход сверхпроводника в несверхпроводящее состояние в магнитном поле и другие.

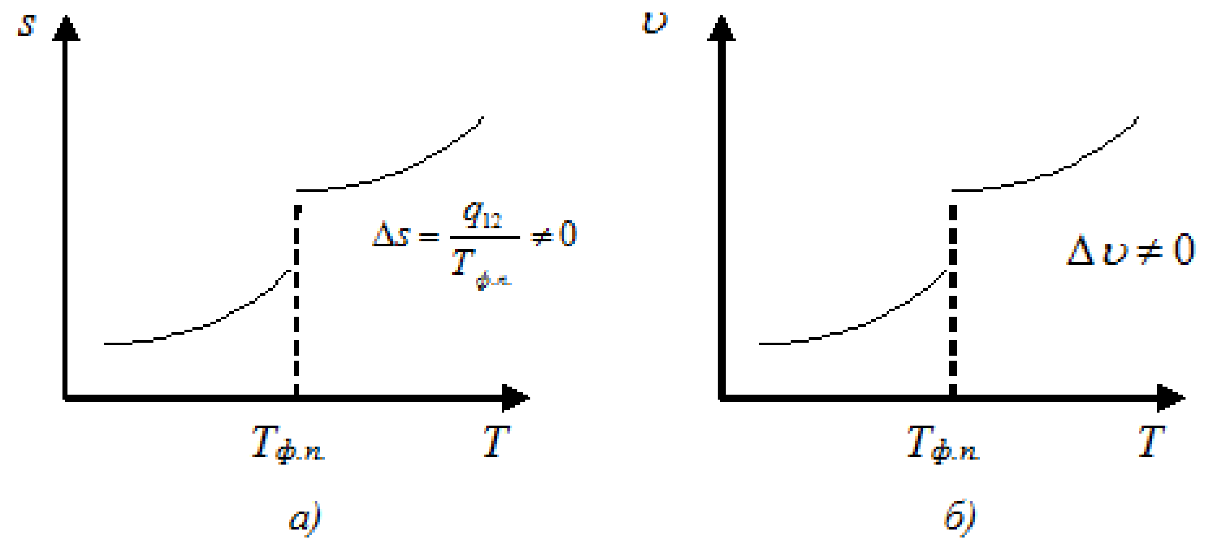
Фазовые переходы первого рода

$$\left(\frac{\partial \mu}{\partial p}\right)_T = \upsilon \qquad \left(\frac{\partial \mu}{\partial T}\right)_p = -s$$

$$\upsilon_1 \neq \upsilon_2 \qquad \Delta\upsilon \neq 0 \qquad \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial p}\right)_T \neq \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial p}\right)_T$$

$$s_1 \neq s_2 \qquad \Delta s \neq 0 \qquad q_{12} \neq 0$$

$$\left(\frac{\partial \mu_1}{\partial T}\right)_p \neq \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial T}\right)_p$$



$T_{ф.п}$ – температура фазового перехода

Фазовые переходы второго рода

- Нет теплоты фазового перехода, $q_{12} = 0 \quad \Delta s = 0$
- Нет скачка υ или плотность $\rho = 1/\upsilon$.
- Нет метастабильных состояний.
- Меняются скачком C_p, α_T, β_P.

$$\alpha_T = -\frac{1}{\upsilon}\left(\frac{\partial \upsilon}{\partial p}\right)_T \qquad \beta_P = \frac{1}{\upsilon}\left(\frac{\partial \upsilon}{\partial T}\right)_p$$

- **Примеры:** переход ферромагнетика в парамагнетик в отсутствие магнитного поля, переход сверхпроводника в несверхпроводящее состояние в отсутствие магнитного поля, гелия в сверхтекучее состояние, переход в критическое состояние, переходы в бинарных сплавах, связанные с изменением упорядоченности кристалла. Фазовый переход второго рода еще иначе называют точкой Кюри или λ-точкой.

Фазовые переходы второго рода

$$\upsilon_1 = \upsilon_2 \qquad s_1 = s_2 \qquad \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial p}\right)_T = \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial p}\right)_T \qquad \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial T}\right)_p = \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial T}\right)_p$$

$$\left(\frac{\partial^2 \mu_1}{\partial p^2}\right)_T \neq \left(\frac{\partial^2 \mu_2}{\partial p^2}\right)_T \qquad \left(\frac{\partial^2 \mu_1}{\partial T^2}\right)_p \neq \left(\frac{\partial^2 \mu_2}{\partial T^2}\right)_p \qquad \frac{\partial^2 \mu_1}{\partial p \partial T} \neq \frac{\partial^2 \mu_2}{\partial p \partial T} \qquad (6)$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{s_2 - s_1}{\upsilon_2 - \upsilon_1} = \frac{0}{0}$$

$$\frac{dp}{dT} = \frac{\left(\frac{\partial}{\partial T}(s_2 - s_1)\right)_p}{\left(\frac{\partial}{\partial T}(\upsilon_2 - \upsilon_1)\right)_p} = \left|\left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_p = \frac{1}{T}\left(\frac{\delta Q}{\partial T}\right)_p = \frac{C_p}{T}\right| =$$

$$= \frac{C_{P2} - C_{P1}}{T\left[\left(\frac{\partial \upsilon_2}{\partial T}\right)_p - \left(\frac{\partial \upsilon_1}{\partial T}\right)_p\right]} = \frac{\frac{\Delta C_P}{T}}{\Delta\left(\frac{\partial \upsilon}{\partial T}\right)_p}. \qquad (7)$$

Фазовые переходы второго рода

$$\frac{dp}{dT}=\frac{\left(\frac{\partial}{\partial p}(s_2-s_1)\right)_T}{\left(\frac{\partial}{\partial p}(\upsilon_2-\upsilon_1)\right)_T}=-\frac{\Delta\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial T}\right)_p}{\Delta\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial p}\right)_T} \qquad (8)$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T=\frac{\partial}{\partial p}\left(-\frac{\partial\mu}{\partial T}\right)=-\frac{\partial^2\mu}{\partial p\,\partial T},\qquad \left(\frac{\partial\upsilon}{\partial T}\right)_p=\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\partial\mu}{\partial p}\right)=\frac{\partial^2\mu}{\partial T\,\partial p}$$

$$\left(\frac{\partial s}{\partial p}\right)_T=-\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial T}\right)_p$$

$$\frac{\frac{\Delta C_p}{T}}{\Delta\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial T}\right)_p}=-\frac{\Delta\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial T}\right)_p}{\Delta\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial p}\right)_T}$$

$$\Delta C_p\cdot\Delta\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial p}\right)_T+T\left[\Delta\left(\frac{\partial\upsilon}{\partial T}\right)_p\right]^2=0 \qquad (9)$$

Фазовые переходы второго рода

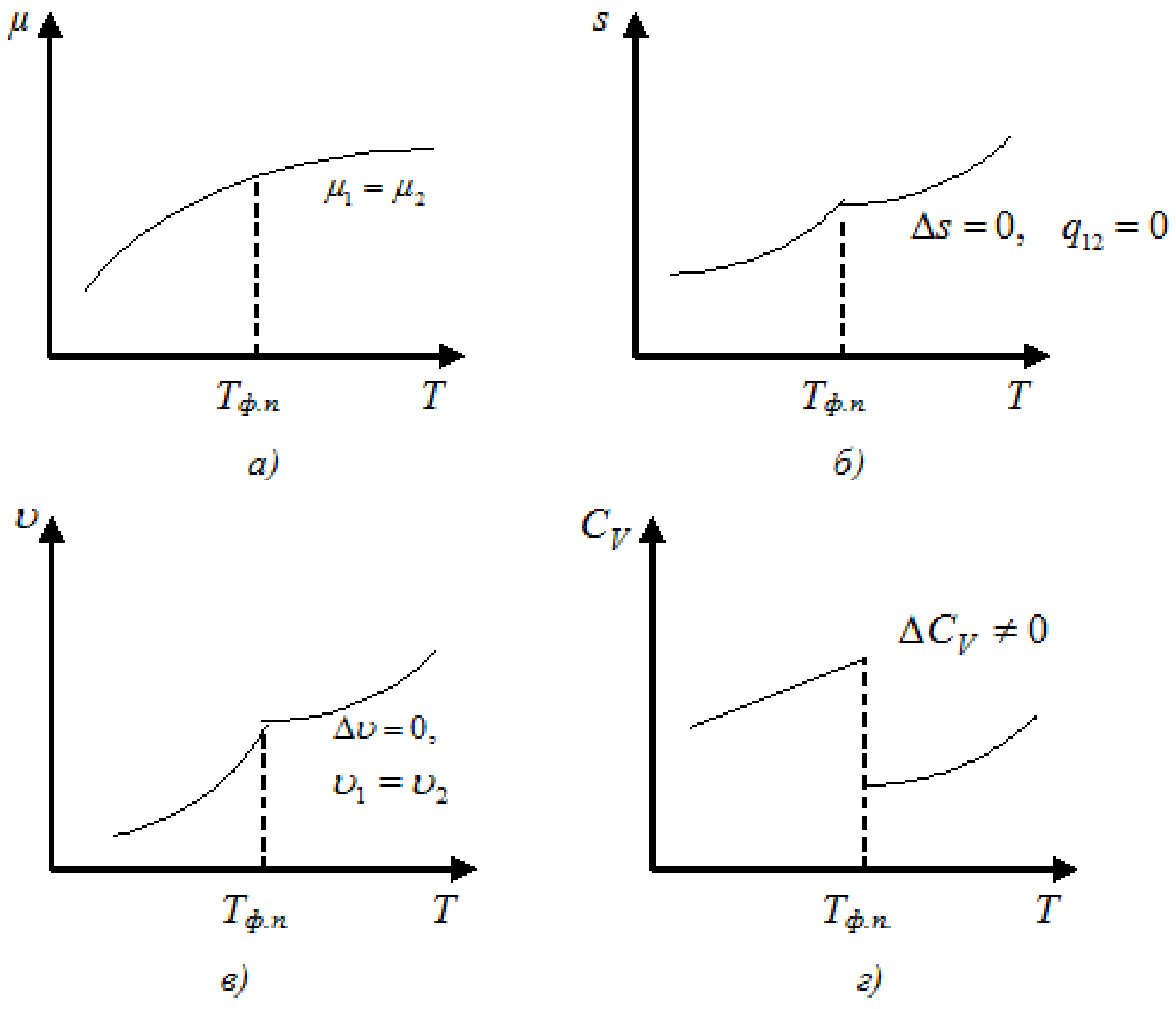
$$\Delta\left(\frac{\partial \upsilon}{\partial p}\right)_T = -\upsilon \cdot \Delta\alpha_T \qquad \left[\Delta\left(\frac{\partial \upsilon}{\partial T}\right)_p\right]^2 = \upsilon^2 \cdot \Delta\beta_P{}^2 \qquad (10)$$

$$\frac{C_p}{T} = \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial^2 \mu}{\partial T^2}\right)_p \qquad -\upsilon \cdot \alpha_T = \left(\frac{\partial \upsilon}{\partial p}\right)_T = \left(\frac{\partial^2 \mu}{\partial T^2}\right)_p$$

$$\upsilon \cdot \beta_p = \left(\frac{\partial \upsilon}{\partial T}\right)_p = \frac{\partial^2 \mu}{\partial p \cdot \partial T}$$

$$\Delta C_p \quad \Delta\alpha_T \quad \Delta\beta_p \qquad \Delta\left(\frac{\partial^2 \mu}{\partial T^2}\right)_p \qquad \Delta\left(\frac{\partial^2 \mu}{\partial p^2}\right)_T \qquad \Delta\left(\frac{\partial^2 \mu}{\partial p \cdot \partial T}\right)$$

Фазовые переходы второго рода



$T_{ф.п}$ – температура фазового перехода

Понятие о теории Ландау фазовых переходов второго рода

- Фазовые переходы второго рода наблюдаются сразу во всем объеме и обязательно связаны с изменением внутренней симметрии системы.
- В отличие от фазовых переходов первого рода, при которых симметрия в точке перехода меняется скачком (например, плавление и кристаллизация), при фазовых переходах второго рода наблюдается непрерывное изменение симметрии.

$$G(p,T,\eta)=G_0+\alpha\ \eta+\beta\,\eta^2+\gamma\,\eta^3+\ldots \qquad \frac{\partial G}{\partial \eta}=0 \qquad \frac{\partial^2 G}{\partial \eta^2}>0$$