



# Теплота растворения

□ **Теплота растворения ( $\Delta H_{\text{раств.}}$ )** – тепловой эффект образования любого не идеального раствора независимо от агрегатного состояния компонентов.



Идеальный жидкий раствор,  $\Delta H_{\text{раств.}} = \Delta H_{\text{смеш.ид.газов}}$

- Теплоту растворения, отнесенную к 1 моль растворяемого вещества, называют **молярной теплотой растворения ( $\Delta H_m$ , кДж/моль)**.
- Теплота растворения единицы массы растворенного вещества – **удельная ( $\Delta H_{\text{уд}}$ , кДж/кг или кДж/г)**.

# Теплота растворения зависит

- от агрегатного состояния растворителя и растворенных веществ;
- от концентрации раствора;
- от того, были ли компоненты раствора взяты в чистом виде или один из них добавлялся в раствор некоторой начальной концентрацией;
- от температуры (при  $P = \text{const}$ ).



# Зависимость теплоты растворения от агрегатного состояния компонентов раствора

- Теплота растворения твердых тел в жидкости складывается из тепловых эффектов разрушения кристаллической решетки и сольватации ионов:

$$\Delta H_{\text{раств.}} = \Delta H_{\text{кр.реш.}} + \Delta H_{\text{сольв.}} \quad (< 0 >)$$

$$\Delta H_{\text{кр.реш.}} > 0$$

$$\Delta H_{\text{сольв.}} < 0$$

- Теплота растворения жидкости в жидкости (теплота смешения) обуславливается взаимодействием частиц растворяемого вещества с молекулами растворителя, т.е. процессом сольватации:

$$\Delta H_{\text{смеш.}} = \Delta H_{\text{сольв.}} < 0$$

- Тепловой эффект растворения газа в жидкости может быть представлен в виде суммы двух слагаемых – теплоты конденсации газа и теплоты сольватации его молекул:

$$\Delta H_{\text{РАСТВ.}} = \Delta H_{\text{КОНД.}} + \Delta H_{\text{СОЛЬВ.}} \quad (< 0)$$
$$\Delta H_{\text{КОНД.}} < 0$$
$$\Delta H_{\text{СОЛЬВ.}} < 0$$

- Если при растворении газа изменяется молекулярное состояние, например, происходит диссоциация молекул, то необходимо учитывать и тепловой эффект соответствующего процесса

# Зависимость теплоты растворения от концентрации раствора

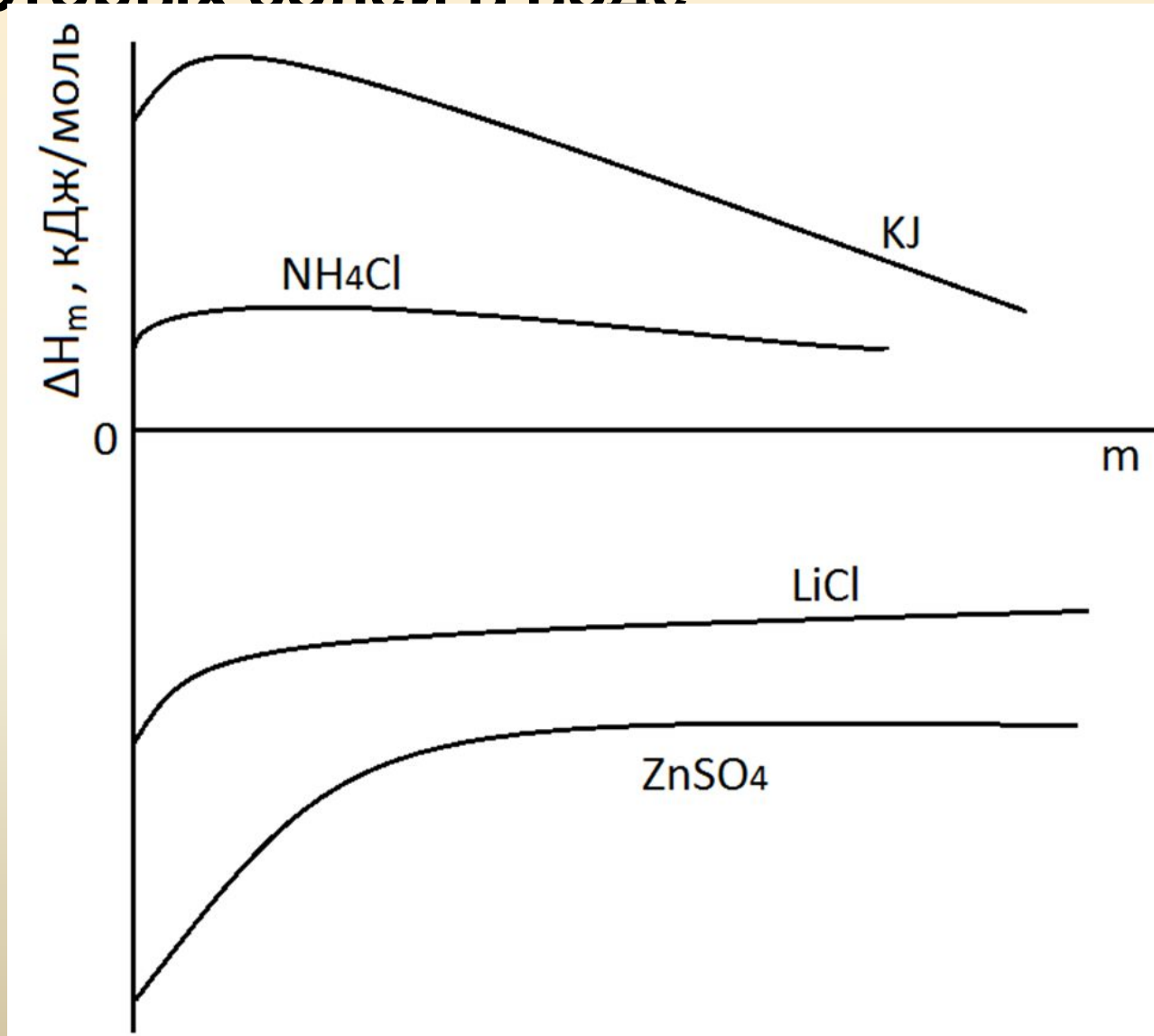
- Интегральная теплота растворения  $\Delta H_m$  (кДж/моль) - тепловой эффект растворения 1 моль вещества в определенном количестве чистого растворителя при  $T = \text{const}$ .

Интегральные теплоты растворения обычно относят к раствору, состоящему из 1 моль растворяемого вещества и 1000 г растворителя.

**Моляльная концентрация (моляльность)**

$$m, \frac{\text{МОЛЬ}}{1 \text{ кг растворителя}}$$

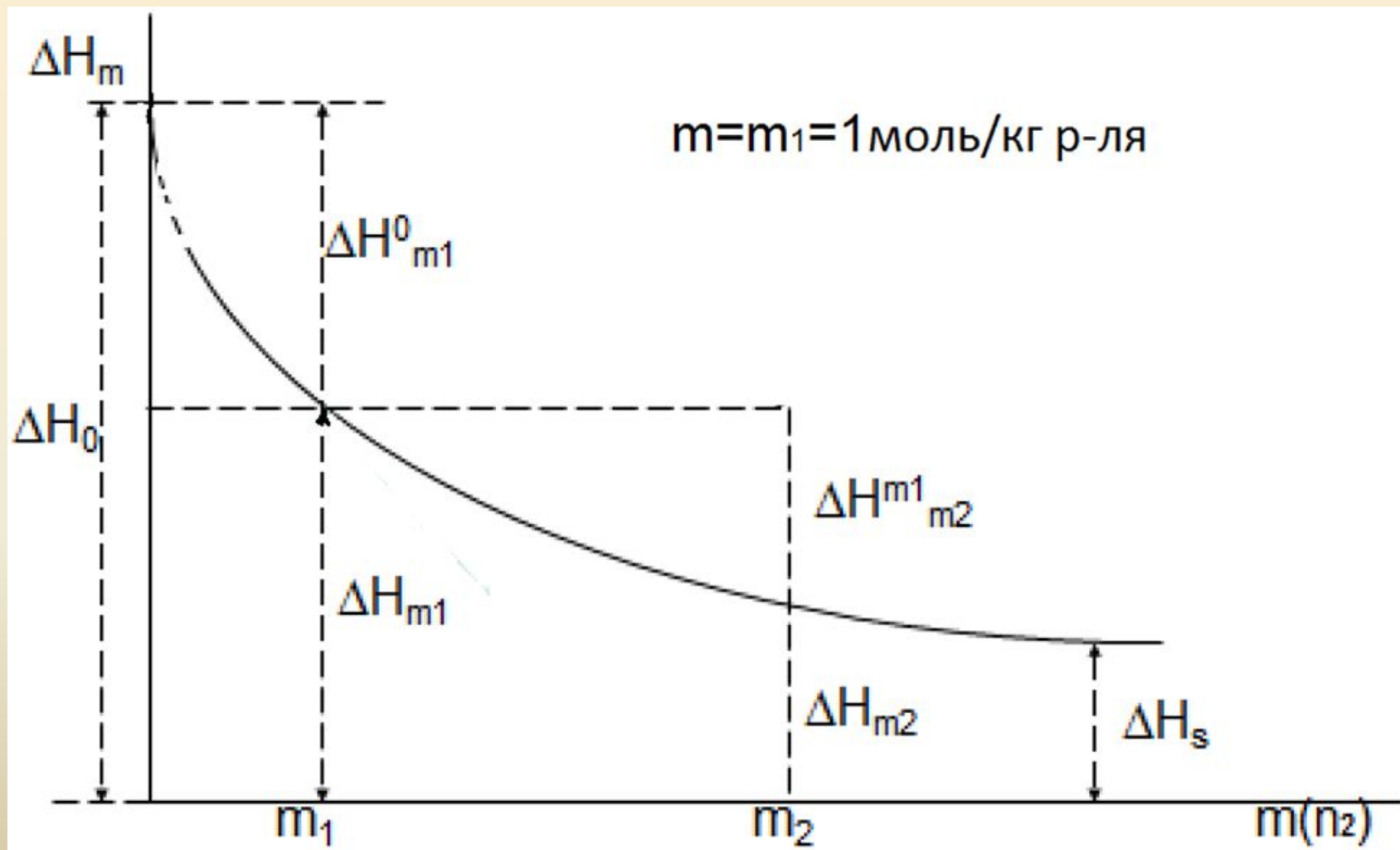
# Интегральные теплоты растворения некоторых солей в воде



- **Первой интегральной теплотой растворения ( $\Delta H_0$ )** называется тепловой эффект растворения 1 моль вещества в бесконечно большом количестве растворителя с образованием предельно разбавленного раствора.
- **Последняя (полная) интегральная теплота растворения ( $\Delta H_s$ )** – тепловой эффект растворения 1 моль вещества в таком объеме растворителя, чтобы получился насыщенный раствор.

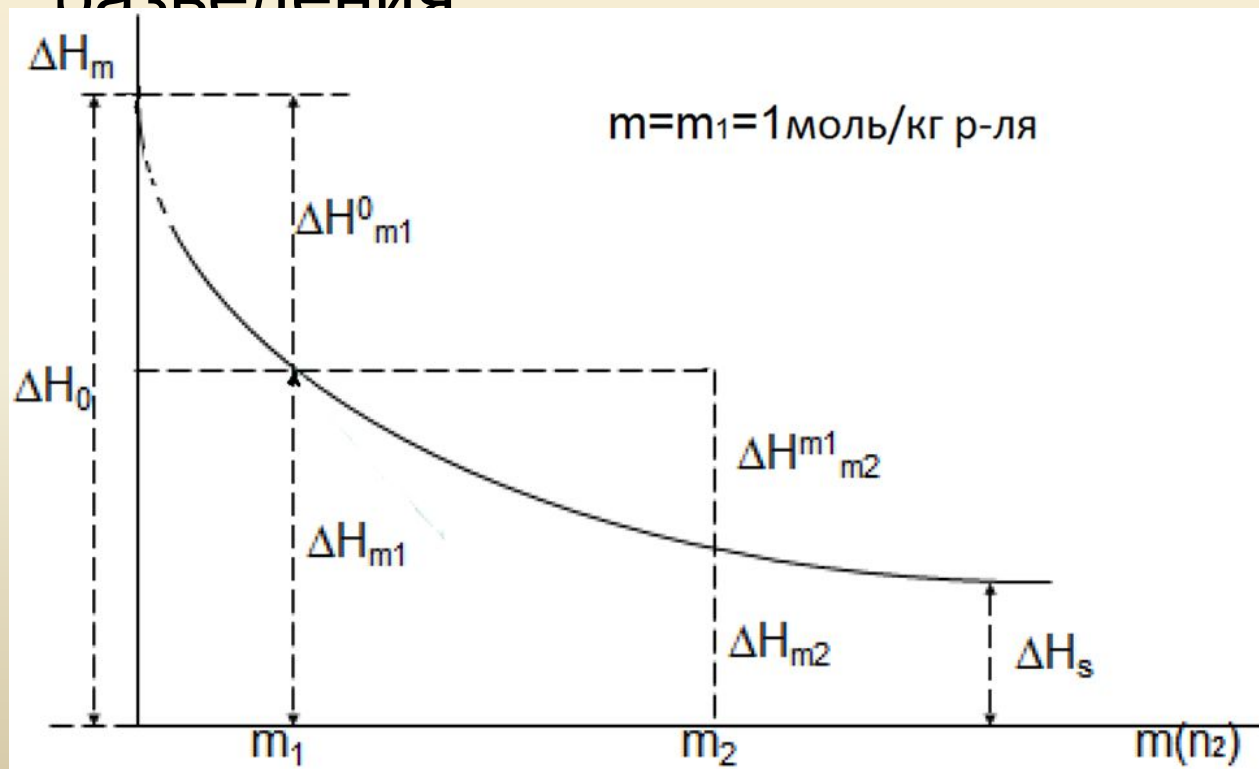


Интегральные теплоты растворения при бесконечном разбавлении ( $m \rightarrow 0$ ) и насыщении ( $m = S$ )



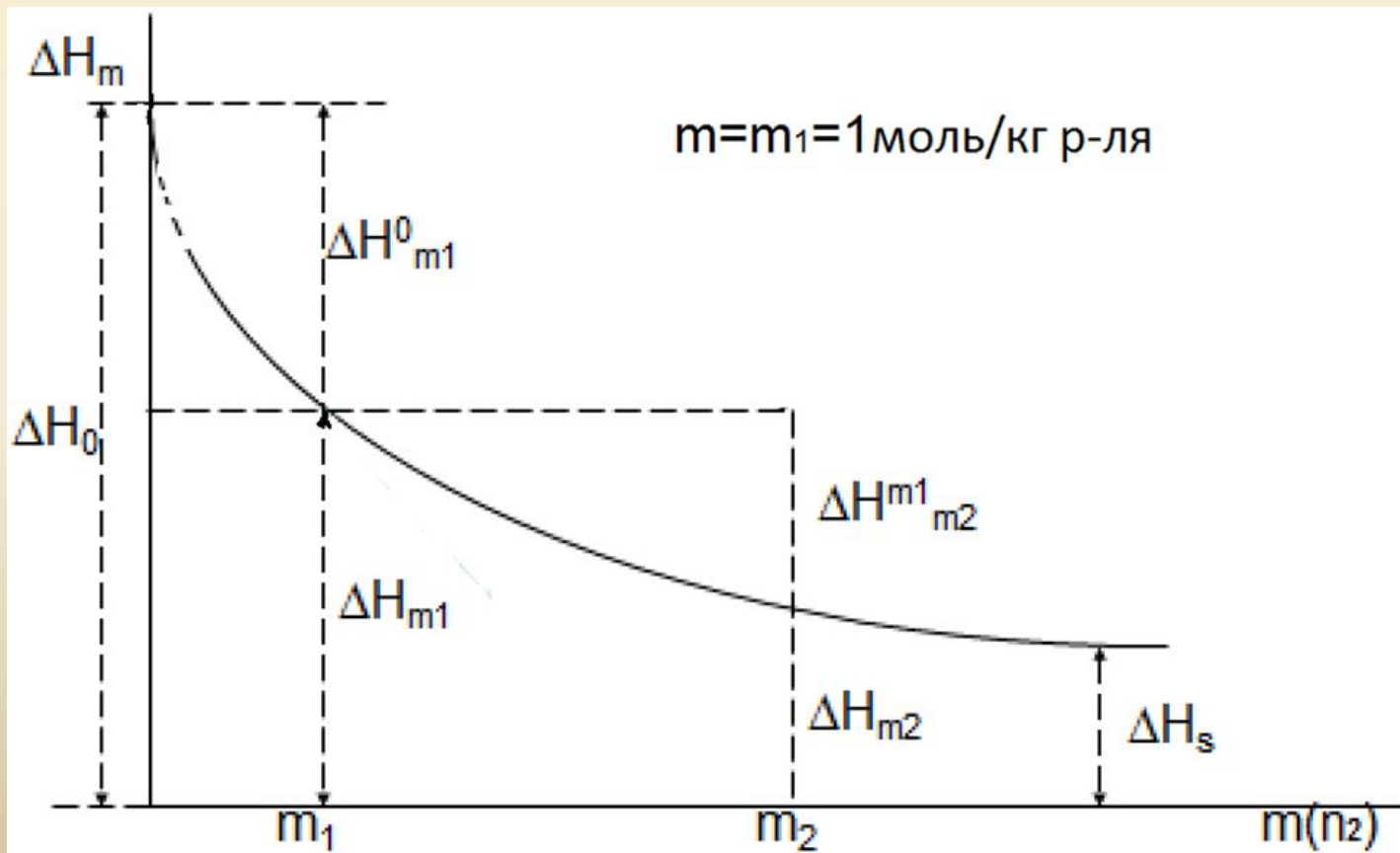
Добавление воды к раствору сопровождается **теплотой разведения**.

**Интегральная теплота разведения** – тепловой эффект при разбавлении раствора, содержащего 1 моль вещества, до бесконечного разведения



$$\Delta H_{m1}^0 = \Delta H_0 - \Delta H_{m1}$$

**Промежуточная теплота разведения** – тепловой эффект разбавления раствора, содержащего 1 моль вещества, от моляльной концентрации  $m_2$  до меньшей концентрации  $m_1$ .

$$\Delta H_{m_2}^{m_1} = \Delta H_{m_1} - \Delta H_{m_2}$$


# Дифференциальная (парциальная) теплота растворения - тепловой эффект

от растворения 1 моля вещества в бесконечно большом объеме раствора с некоторой постоянной концентрацией ( $\overline{\Delta H}_i$ ).

$$\Delta H_{\text{раств.}} = \sum n_i \overline{\Delta H}_i$$

$$\Delta H = \overline{\Delta H}_1 n_1 + \overline{\Delta H}_2 n_2 \quad (\text{кДж})$$

1 – растворитель

2 – растворенное

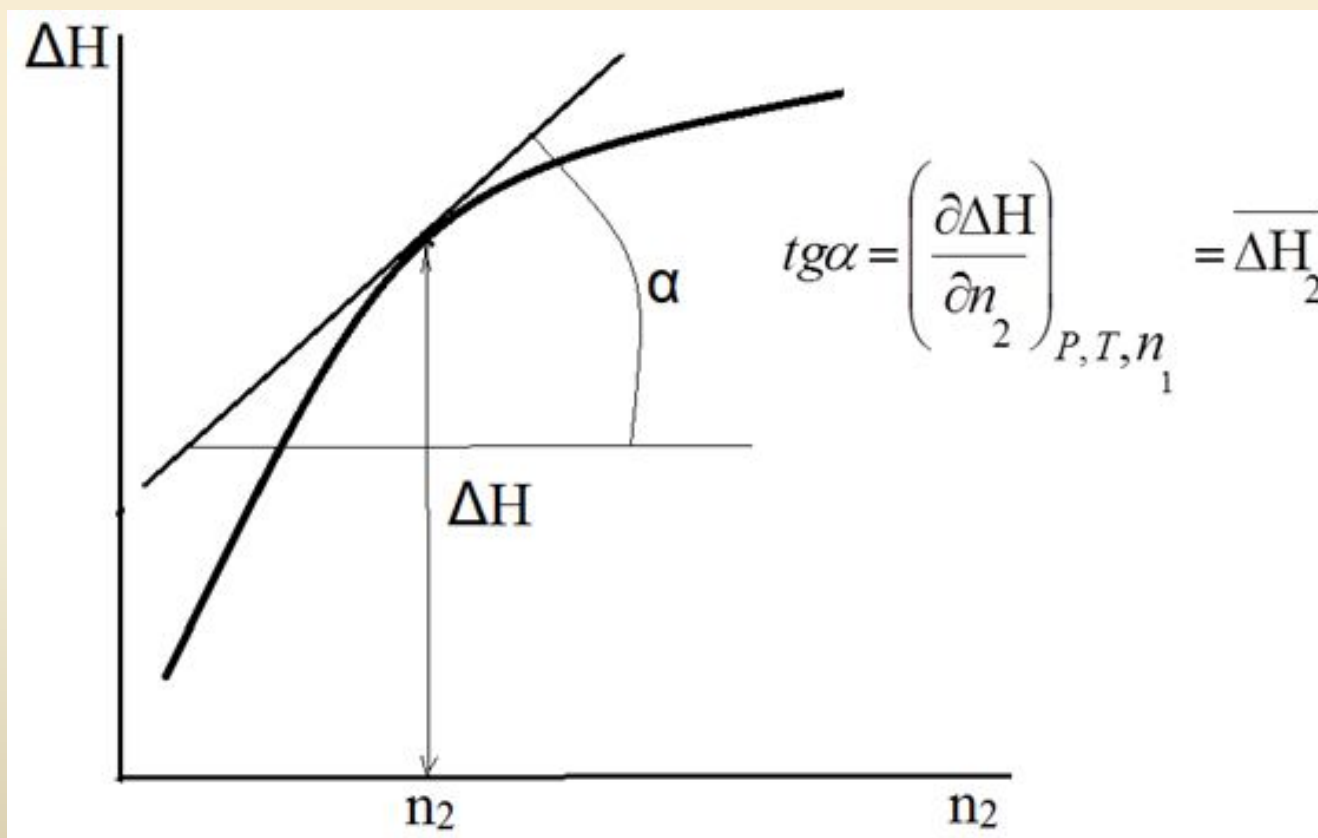
вещество

$$\Delta H_m = \overline{\Delta H}_1 x_1 + \overline{\Delta H}_2 x_2 \quad (\text{кДж/моль})$$

- Интегральная теплота растворения складывается из дифференциальных теплот компонентов раствора с учетом их количества.



ДТР характеризует **изменение** энтальпии растворения при добавлении к раствору 1 моля растворенного вещества при условии столь большого объема раствора, что его концентрация остается постоянной.



$\overline{\Delta H}_2 = \Delta H$  при условии 1 кг растворителя

# Зависимость теплоты растворения от температуры

- Определяется знаком  $\Delta H_{\text{раств.}}$  и
- уравнением Кирхгофа

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_{298}^0 + \Delta C_P (T - 298)$$

$\Delta H_T^0$  и  $\Delta H_{298}^0$  - стандартные интегральные теплоты растворения при T и T=298K

$$\Delta \overline{H}_{\text{р-ра}}^0 = C_{P_{\text{р-ра}}} - \nu_1 C_{P_1} + \nu_2 C_{P_2}$$

$$\overline{H}_{\text{р-ра}} = \overline{H}_{\text{уд}} \overline{M}$$

$$\overline{H}_{\text{р-ра}} = \frac{\nu_1 \overline{H}_1 + \nu_2 \overline{H}_2}{\nu_1 + \nu_2}$$

$$\overline{M} = M_1 x_1 + M_2 x_2$$