



# Общие свойства растворов

# Дисперсные системы

- ◆ Смеси веществ по степени дисперсности (*дисперсность — характеристика размеров частиц данного вещества*) условно разделяют на грубодисперсные, или механические смеси (размер частиц 1000 нм), коллоидные растворы (размер частиц 1—100 нм) и истинные растворы, размер частиц которых определяется размером ионов, молекул, ионных пар и различных ассоциатов.

# Виды дисперсных систем

- ◆ **Суспензия** — взвесь частиц одного или нескольких твердых веществ в жидкой среде.
- ◆ **Эмульсия** — взвесь капель одной или нескольких жидких веществ в жидкой среде другого состава.
- ◆ **Аэрозоли** — взвесь жидких и твердых частиц в газообразной среде. Частицы твердых веществ в аэрозолях часто несут определенный заряд: основные веществ ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и др.) образуют отрицательно заряженную пыль, а кислотные ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{S}_8$ ,  $\text{TiO}_2$  и др.) — положительно заряженную.

# Виды дисперсных систем

- ◆ **Коллоидные растворы (или золи)** — микрогетерогенные, метастабильные системы с жидкой средой, содержащей очень мелкие частицы, участвующие в интенсивном броуновском движении. Поэтому они равномерно распределены по объему и очень медленно осаждаются (коагулируют). Золи кажутся однородными и прозрачными.
- ◆ **Истинные растворы** – это однофазные системы переменного состава, содержащие атомы, ионы или молекулы и различные ассоциаты последних.

# Качественный состав растворов

- ◆ Растворителем считают то вещество, агрегатное состояние которого не изменяется при образовании раствора
- ◆ Растворенное вещество
- ◆ Если массы растворенного вещества  $m_{B2}$  и растворителя  $m_{B1}$  сопоставимы ( $m_{B2} \approx m_{B1}$ ), то раствор считают **концентрированным**, если масса растворенного вещества  $m_2$  много меньше массы растворителя  $m_1$  ( $m_{B2} \ll m_{B1}$ ), то раствор считают **разбавленным**.

# Количественный состав растворов

- ◆ Соотношение количества растворенного вещества и растворителя количественно определяет **концентрация** раствора. В неорганической химии для количественного выражения **состава растворов** используют **массовую долю, молярную концентрацию и эквивалентную концентрацию.**

# Концентрация раствора

- ◆ Концентрация в химии – это молярность раствора  
Единица измерения молярной концентрации  $c_{B2}$  – моль/л. Если в растворе серной кислоты  $H_2SO_4$  молярная концентрация равна 1 моль/л, то это обозначается как **1М** раствор  $H_2SO_4$  (одномолярный раствор серной кислоты).
- ◆ **Массовая доля**  $w_B$  растворенного вещества В  
$$w_B = m_B / m_{(p)} = m_B / (m_B + m_{\text{воды}})$$
- ◆ **Эквивалентная концентрация** (нормальность):  
следует дополнительно определить фактор эквивалентности или эквивалентное число.

# Концентрация раствора

- ◆ **Моляльность** растворенного вещества В (обозначение  $c_m$ ) определяется как отношение количества вещества В ( $n_B$ , моль) к массе растворителя ( $m_s$ , кг):  $c_m = n_B / m_s$ .  
Единица измерения - моль/кг
- ◆ **Мольная доля** вещества в смеси (в том числе в растворе) обозначается как  $x_B$  и равна отношению количества вещества В ( $n_B$ , моль) к суммарному количеству всех веществ в смеси (растворе)  $\sum n_i = n_B + n_1 + n_2 + \dots + n_i$ , а именно:
- ◆  $x_B = n_B / \sum n_i$ . Мольная доля – безразмерная величина.

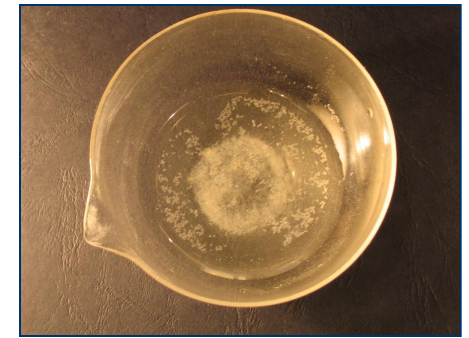
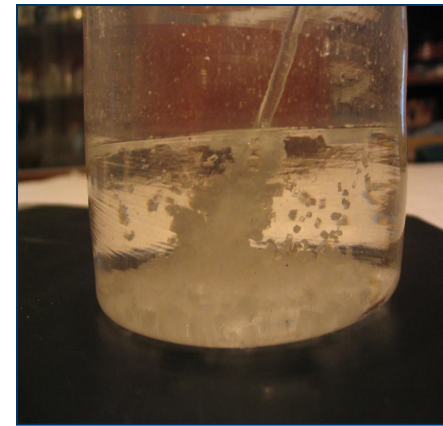


# Растворимость

- ◆ Растворимость – это способность вещества растворяться в данном растворителе при заданной температуре.
- ◆ Количественно растворимость измеряется как **концентрация насыщенного раствора.**

# Насыщенный раствор

- ◆ **Насыщенным** (при данной температуре) называют раствор, который находится в равновесии с растворимым веществом.
- ◆ Устанавливается фазовое равновесие: **растворяемое вещество**  $\rightleftharpoons$  **раствор**



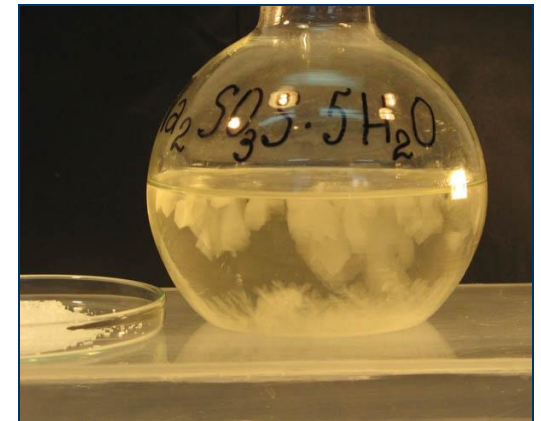
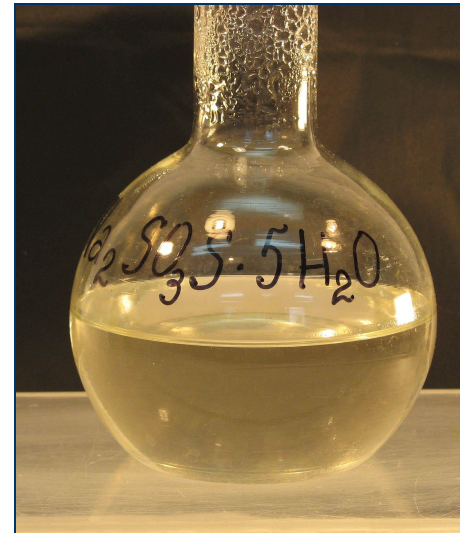
# Ненасыщенный раствор

- ◆ **Ненасыщенным** называют раствор, концентрация которого меньше, чем у насыщенного (при данной температуре) раствора.



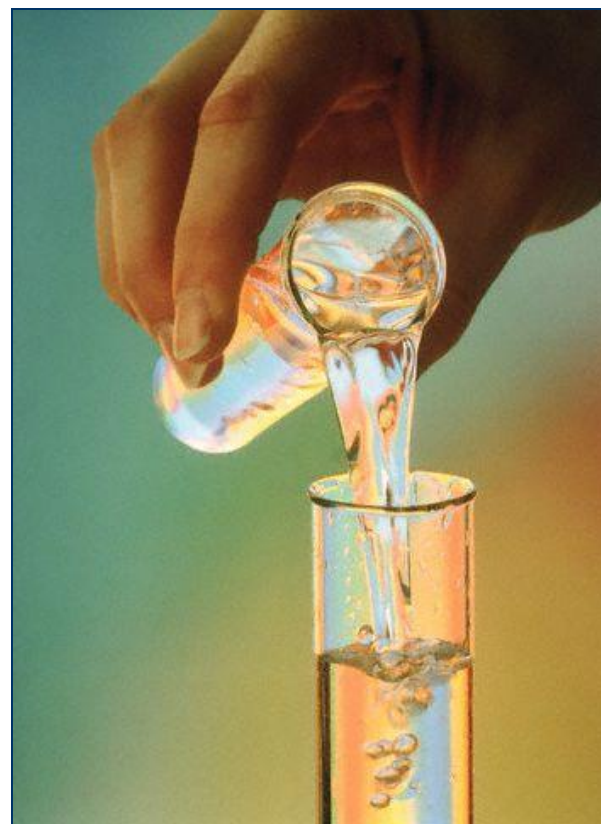
# Пересыщенный раствор

- ◆ **Пересыщенный** раствор содержит растворенного вещества больше, чем требуется для насыщения при данной температуре.



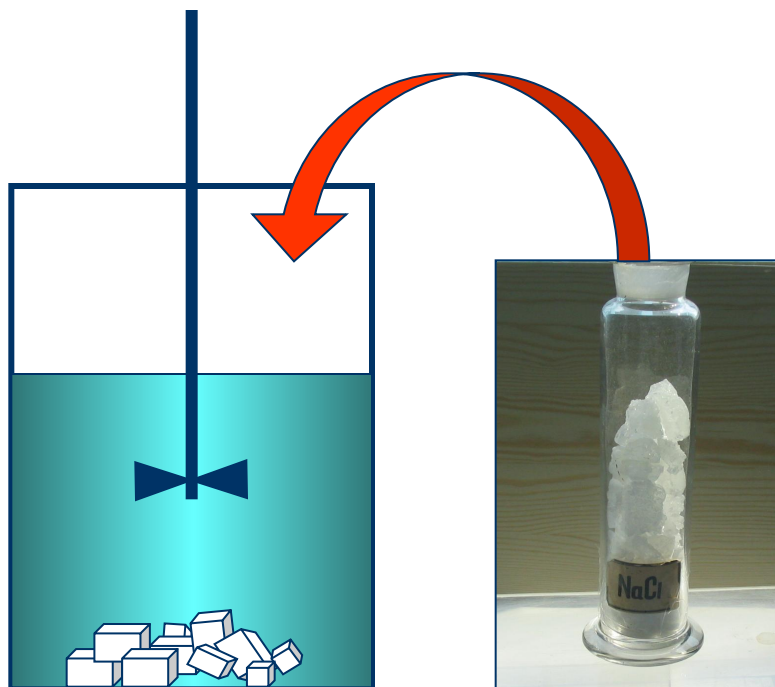
# Исследование растворимости веществ

- ◆ Эксперимент:  
растворение  
кристаллического  
вещества (хлорид  
натрия) в жидком  
растворителе (вода)



# Исследование растворимости веществ

$T = \text{const}$



# Диаграмма растворимости



- ◆ График зависимости растворимости от температуры – диаграмма (политерма) растворимости

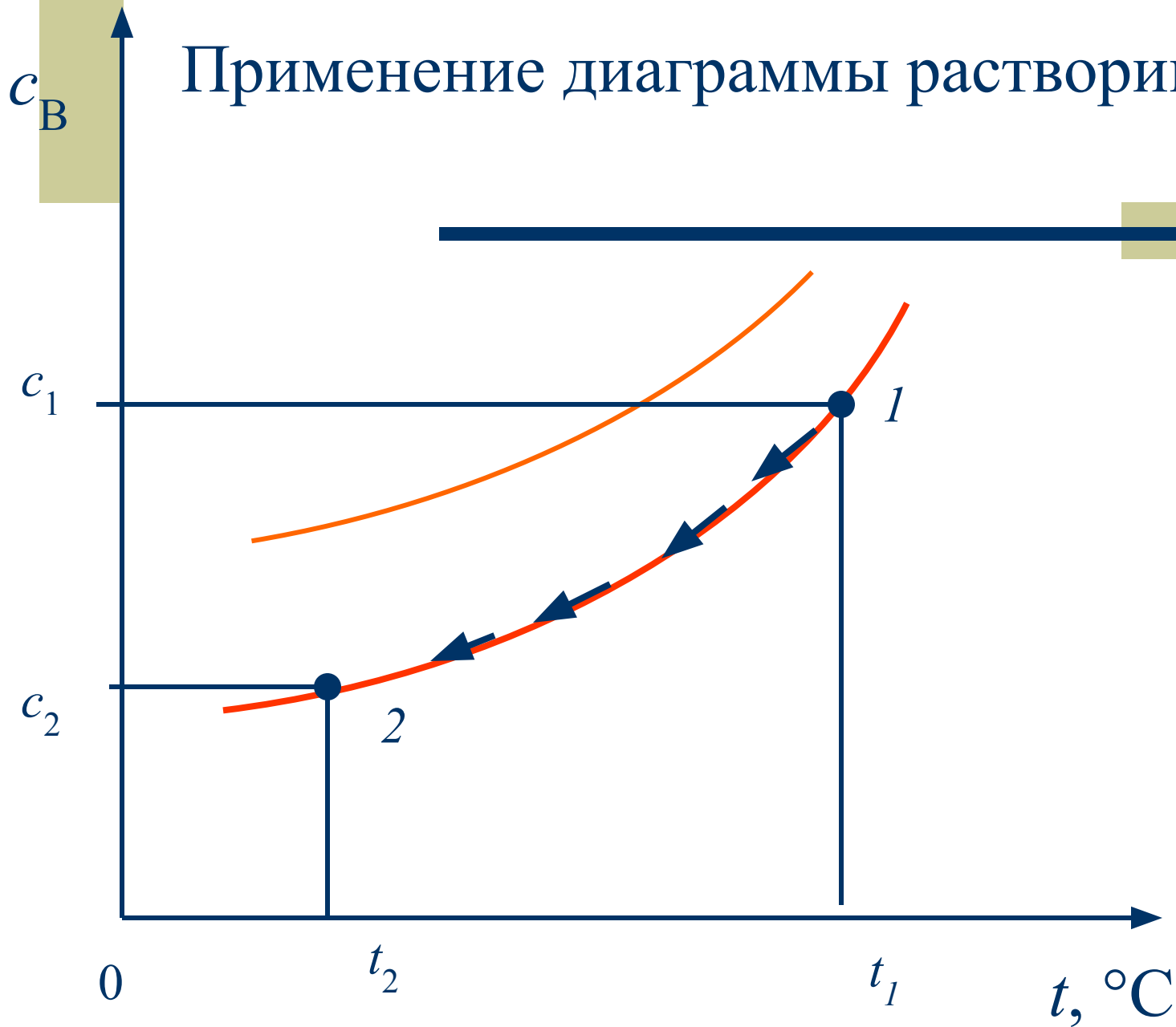
# Применение диаграммы растворимости

- ◆ **Эксперимент:**
  1. Получение насыщенного раствора из ненасыщенного.
  2. Охлаждение насыщенного раствора
- ◆ Диаграмма растворимости

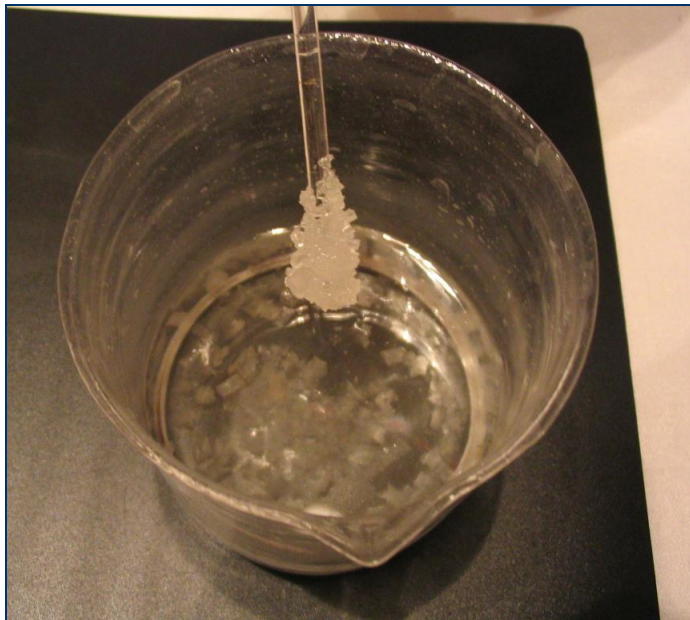




# Применение диаграммы растворимости

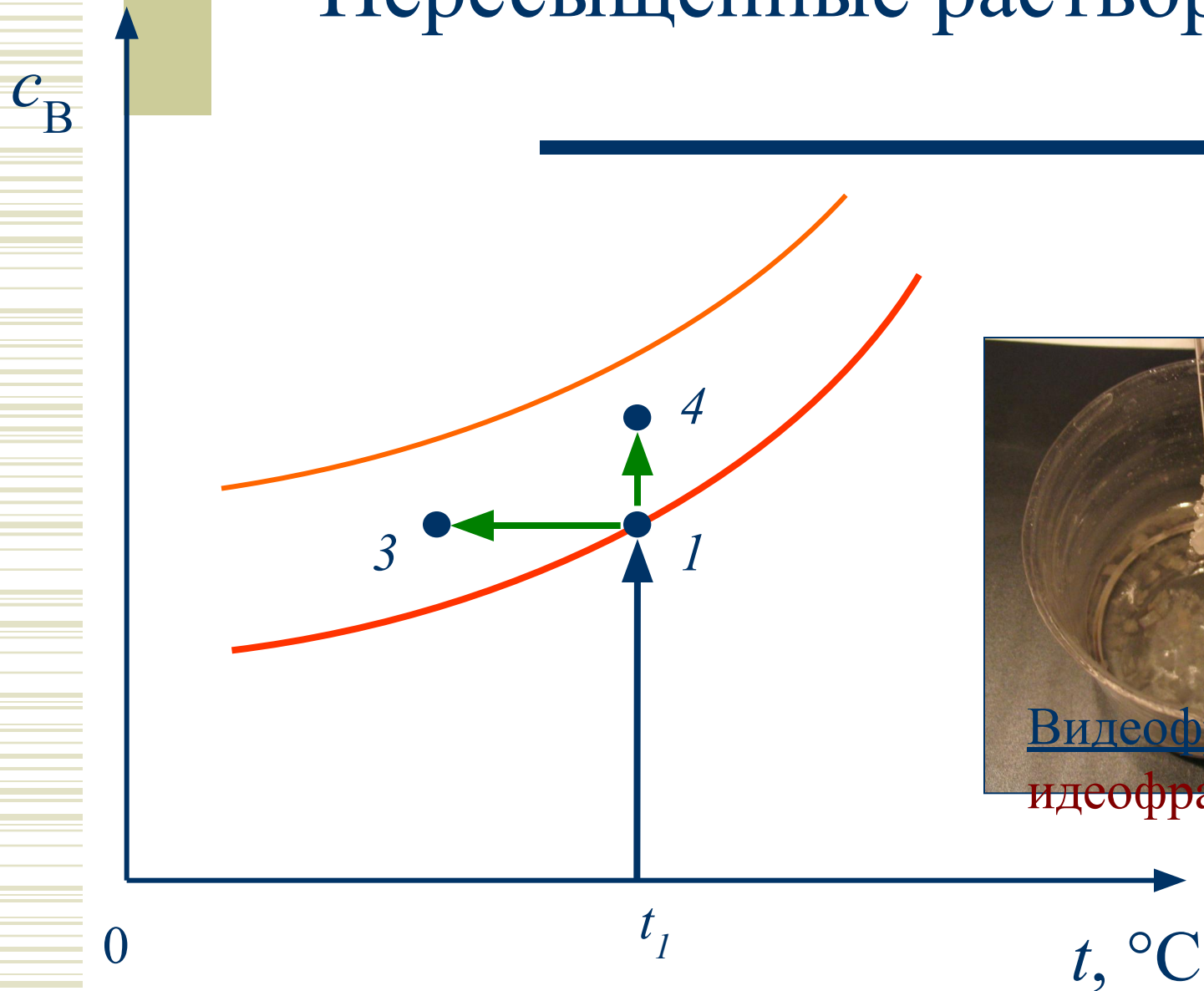


# Пересыщенные растворы

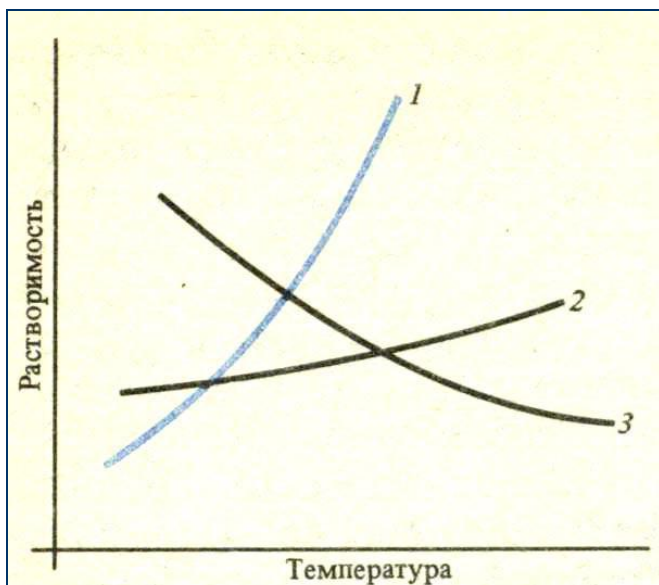


- ◆ Эксперимент:  
получение  
пересыщенных  
растворов из  
насыщенных
- ◆ Диаграмма  
растворимости

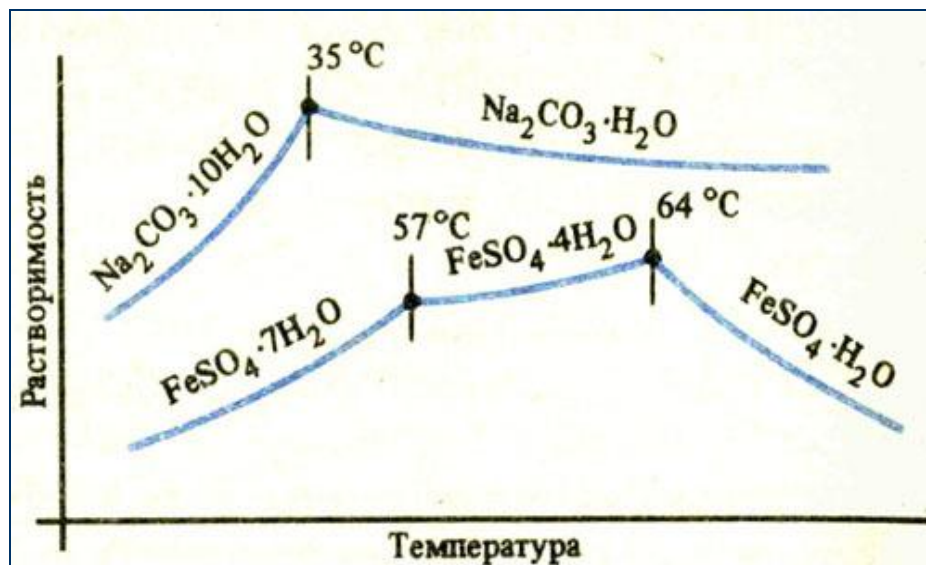
# Пересыщенные растворы



# Виды диаграмм растворимости



Кривые растворимости различных твердых веществ в воде:  
1 — большинство веществ; 2 — NaCl, LiOH, K<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>; 3 — MnSO<sub>4</sub>, Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaCrO<sub>4</sub>



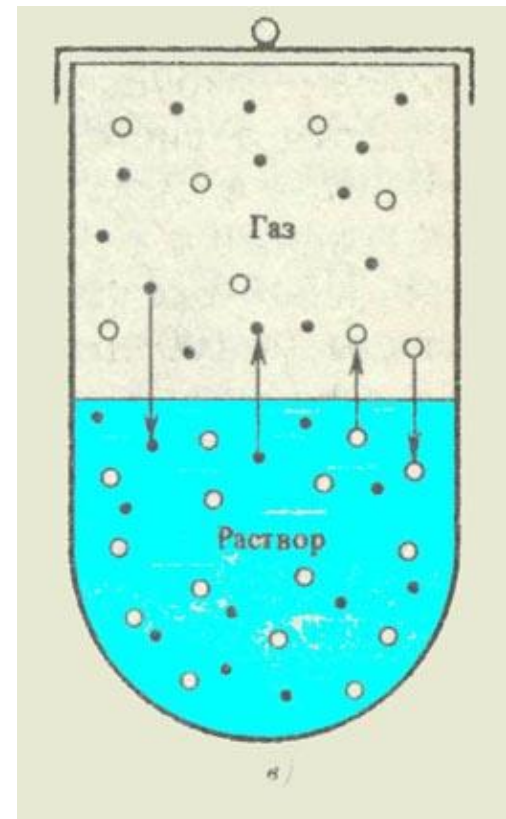
6.5. Кривые растворимости кристаллогидратов в воде

# Растворимость газов

- ◆ Взаимная растворимость газов неограниченна.
- ◆ Растворимость газа в жидкости зависит от природы газа, растворителя, температуры и прямо пропорциональна парциальному давлению  $\square p_B$  газа В над поверхностью его раствора:  $\square p_B = K_T x_B$  (закон Генри).

# Растворимость газов в воде

- ◆ Кислород  $O_2$ :  
4,89  $^0C$  3,10  $^{20C}$  1,72  $^{100C}$
  - ◆ Азот  $N_2$ :  
2,35  $^0C$  1,54  $^{20C}$  0,95  $^{100C}$
  - ◆ Радон Rn:  
51,0  $^0C$  22,4  $^{25C}$  13,0  $^{50C}$
- (в мл газа/100 г  $H_2O$ )



# Растворимость газов

- ◆  $\text{Ж}_1 + \Gamma_2$ : сольватация



- ◆ Энтальпия сольватации  $\Delta H_c < 0$  (экзотермич.)



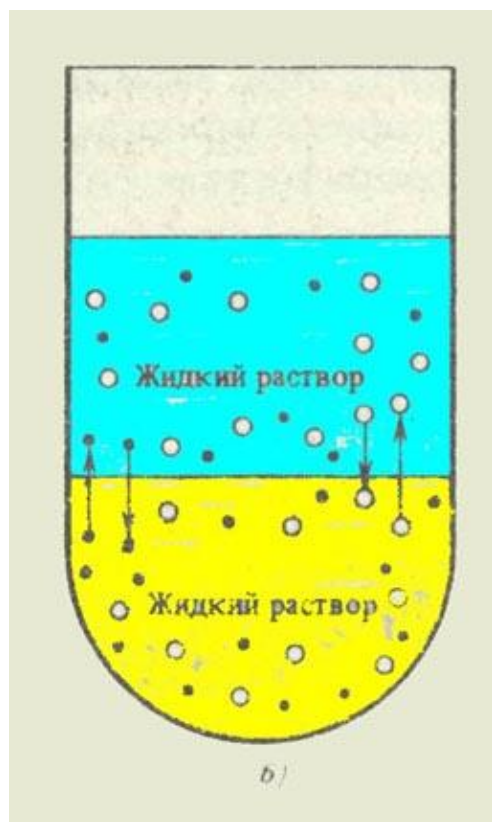
# Взаимная растворимость жидкостей

- ◆ Неограниченная взаимная растворимость (вода и этанол, вода и серная кислота, вода и ацетон и др.)
- ◆ Практически полная нерастворимость (вода и бензол, вода и  $\text{CCl}_4$  и др.)
- ◆ Ограниченная взаимная растворимость



# Ограниченная взаимная растворимость в системе вода – диэтиловый эфир

А



Б

◆ При 10 °С

А: 99,0% эфира + 1,0% воды

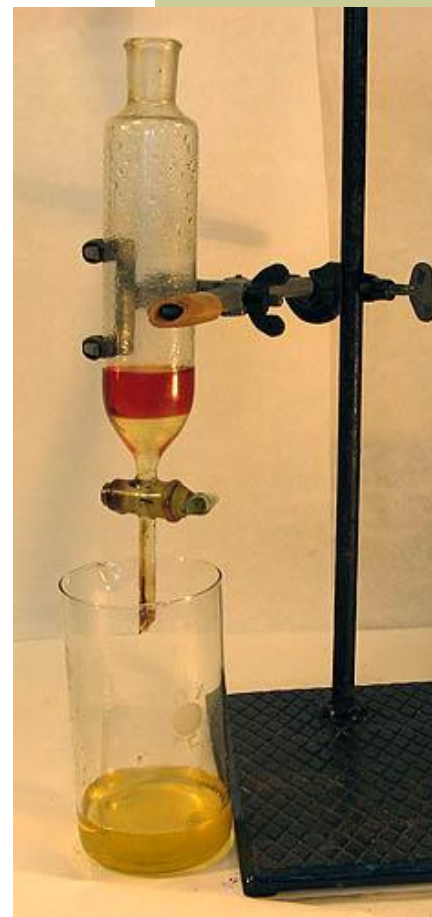
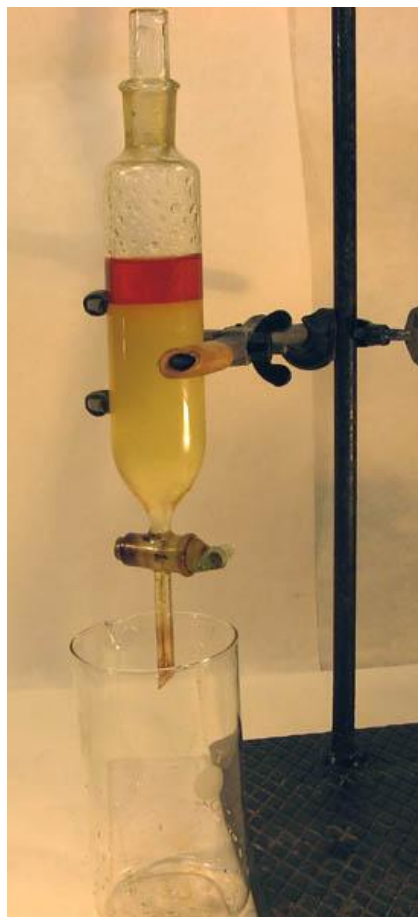
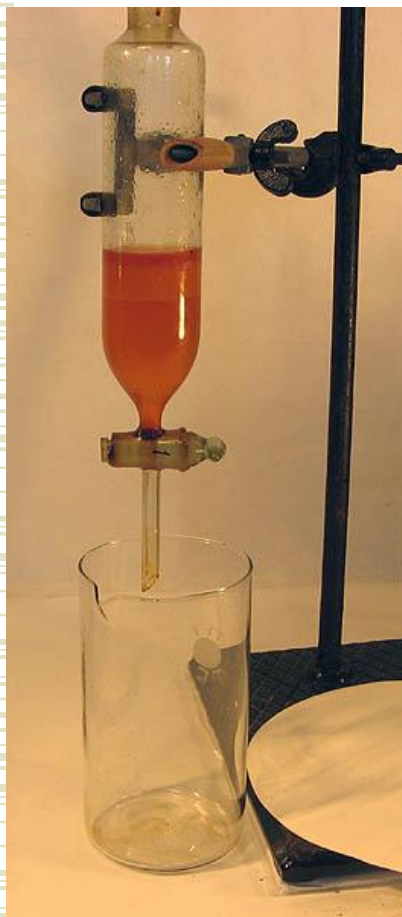
Б: 88,0% воды + 12,0% эфира

◆ При 50 °С

А: 98,3% эфира + 1,7% воды

Б: 95,9% воды + 4,1% эфира

# Экстракция иода керосином из водного раствора



# Растворимость твердых веществ в жидкостях ( $J_1 + T_2$ )

◆ Для смешения:  $\Delta G_M = \Delta H_M - T\Delta S_M$

◆ Энтروпийный фактор:

$\Delta S_M > 0$ ; если  $T \uparrow$ ,  $(T\Delta S_M) \downarrow$

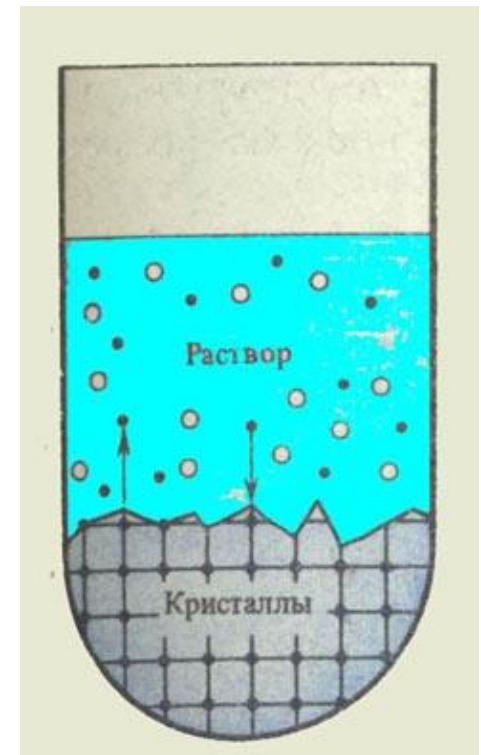
◆ Энтальпийный фактор:

$$\Delta H_M = \Delta H_{кр} + \Delta H_c + \Delta H_p$$

$\Delta H_{кр}$  – разрушение кристаллической  
решетки (эндотермич.)

$\Delta H_c$  – сольватация (экзотермич.)

$\Delta H_p$  – разрушение структуры  
растворителя (эндотермич.),  $\approx 0$



# Температурная зависимость растворимости

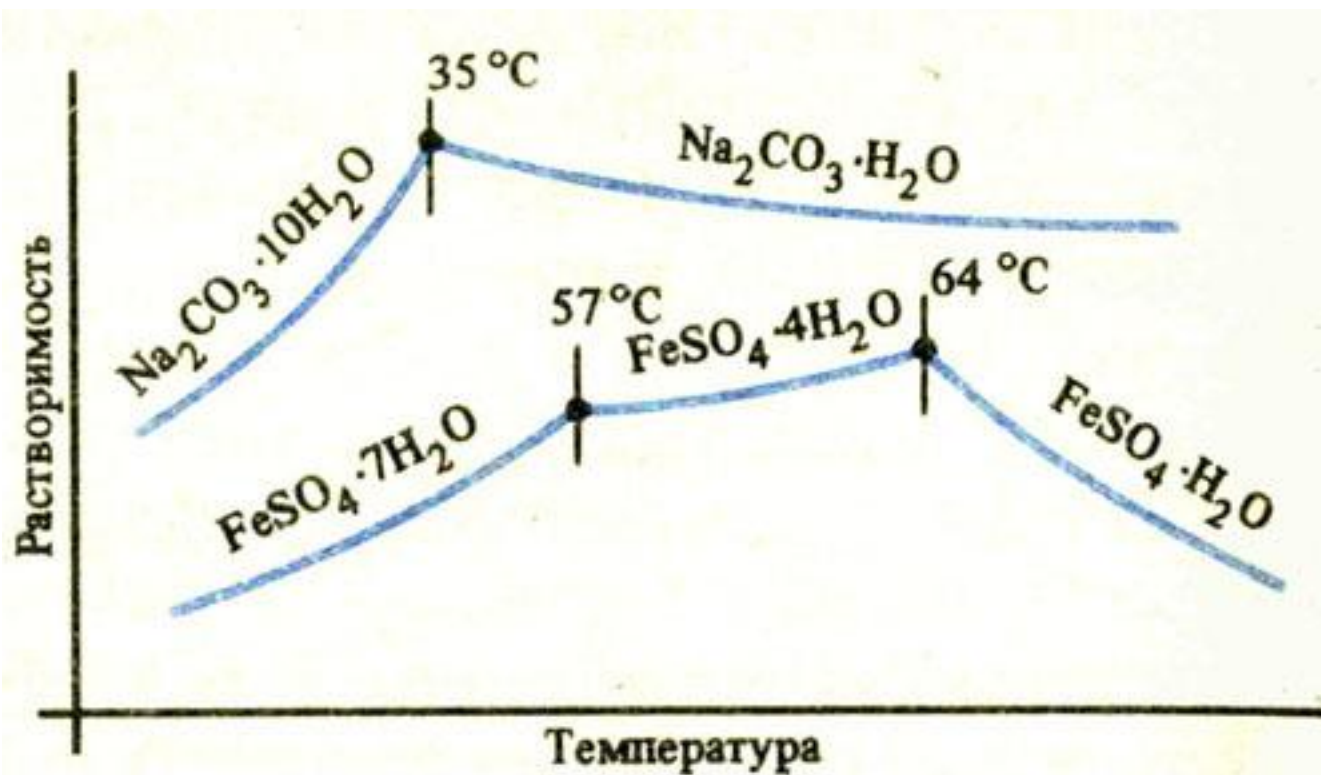
- ◆ Возможно 3 случая:

$\Delta H_M < 0$  (орг. вещ-ва,  
MOH,  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$  ...)

$\Delta H_M > 0$  ( $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  
KI ...)

$\Delta H_M \approx 0$  ( $\text{CdI}_2$ )





Кривые растворимости кристаллогидратов в воде