

## КОЛЛИГАТИВНЫЕ СВОЙСТВА РАСТВОРОВ

### Формулы расчета

|   |   |
|---|---|
| <p>Понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором</p> | $\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n}{n + N}$ <p><math>P_0</math> - давление насыщенного пара над чистым растворителем (Па);<br/> <math>P</math> - давление насыщенного пара растворителя над раствором (Па);<br/> <math>P_0 - P</math> (<math>\Delta P</math>) – понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором;<br/> <math>\frac{P_0 - P}{P_0}</math> - относительное понижение давления насыщенного пара растворителя над раствором;<br/> <math>\frac{n}{n + N}</math> - мольная (молярная) доля растворенного вещества;<br/> <math>N</math> - число молей растворителя;<br/> <math>n</math> – число молей растворенного вещества.</p>   |
| <p>Понижение температуры замерзания растворов</p>                     | $T_{\text{зам}}(\text{p-p}) = T_{\text{зам}}(\text{p-ль}) - \Delta T; \quad \Delta T = K \cdot b(X)$ $\Delta T_{\text{зам}} = K \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot M}; \quad M = K \frac{1000 \cdot m}{m_1 \cdot \Delta T_{\text{зам}}}, \text{ где}$ <p><math>\Delta T_{\text{зам}}</math> - понижение температуры замерзания раствора (К);<br/> <math>b(X)</math> – моляльная концентрация раствора (моль/кг);<br/> <math>K</math> - криоскопическая константа растворителя (К·кг/моль);<br/> <math>m</math> – масса растворенного вещества (г);<br/> <math>m_1</math> – масса растворителя (г);<br/> <math>M</math> – молярная масса растворенного вещества (г/моль).</p>   |
| <p>Повышение температуры кипения раствора</p>                         | $T_{\text{кип}}(\text{p-p}) = T_{\text{кип}}(\text{p-ль}) + \Delta T_{\text{кип}}; \quad \Delta T_{\text{кип}} = E \cdot b(X)$ $\Delta T_{\text{кип}} = E \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot M}; \quad M = E \frac{1000 \cdot m}{m_1 \cdot \Delta T_{\text{кип}}}, \text{ где}$ <p><math>\Delta T_{\text{кип}}</math> - повышение температуры кипения раствора (К);<br/> <math>b(X)</math> – моляльная концентрация раствора (моль/кг);<br/> <math>E</math> - эбулиоскопическая постоянная растворителя (К·кг/моль)</p>  |
| <p>Осмотическое давление</p>  | <p><i>для разбавленных растворов неэлектролитов:</i></p> $P_{\text{осм}} = CRT; \quad C = \frac{n(X)}{V} \quad n(X) = \frac{m(X)}{M}$ $P_{\text{осм}} = \frac{n(X)RT}{V} \quad P_{\text{осм}} = \frac{m(X)RT}{M(X) \cdot V} \quad M(X) = \frac{mRT}{P_{\text{осм}} \cdot V}$ <p><math>P_{\text{осм}}</math> - осмотическое давление (кПа);<br/> <math>C(X)</math> – молярная концентрация (моль/м<sup>3</sup>);<br/> <math>n(X)</math> – количество растворенного вещества (моль);<br/> <math>R</math> – универсальная газовая постоянная (Дж/моль·К)<br/> <math>T</math> – температура (К);<br/> <math>m</math> – масса растворенного вещества (г);<br/> <math>M</math> – молярная масса вещества (г/моль);<br/> <math>V</math> – объем раствора (м<sup>3</sup>).</p> <p><i>для растворов электролитов:</i></p> $P_{\text{осм}} = iC(X)RT$ <p><math>i = \alpha(v-1) + 1</math><br/> <math>i</math> – изотонический коэффициент;<br/> <math>\alpha</math> – степень диссоциации;<br/> <math>v</math> – число частиц (молекул, ионов).</p> |

## ОБУЧАЮЩИЕ ЗАДАЧИ

**Задача № 1.** Вычислите осмотическое давление раствора, содержащего в 1,4 литре 63 г глюкозы при температуре 0 °С.

**Решение:** Закон Вант – Гоффа:

$$P_{осм} = 1000 \cdot \frac{n}{V} \cdot RT$$

1. Определим n глюкозы в 1,4 л раствора:  $n = \frac{m}{M} = \frac{63}{180} = 0,35 \text{ моль}$

2.  $P_{осм} = \frac{1000 \cdot 8,31 \cdot 273 \cdot 0,35}{1,4} = 567157,5 \text{ Па} = 5,67 \cdot 10^5 \text{ Па}$

**Ответ:**  $5,67 \cdot 10^5 \text{ Па}$

**Задача № 2.** Рассчитайте молекулярную массу неэлектролита, если в 5 литре раствора содержится 2,5 г неэлектролита. Осмотическое давление этого раствора равно  $0,23 \cdot 10^5 \text{ Па}$  при температуре 20 °С.

**Решение:**  $P_{осм} = 1000 \cdot \frac{n}{V} \cdot RT$

$$C = \frac{n}{V} = \frac{m}{M \cdot V}$$

$$P_{осм} = 1000 \cdot \frac{m}{M \cdot V} \cdot RT$$

$$M = \frac{1000 \cdot m \cdot RT}{P_{осм} \cdot V}$$

$$M = \frac{1000 \cdot 2,5 \cdot 8,31 \cdot 293}{0,23 \cdot 10^5 \cdot 5} = 52,93 \text{ г / моль}$$

**Ответ:** 52,93 г/моль

**Задача № 3.** Осмотическое давление раствора, объем которого 3 литра, при температуре 10 °С равно  $1,2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Какова молярная концентрация этого раствора?

**Решение:**  $P_{осм} = 1000 \cdot \frac{n}{V} \cdot RT$

1. Найдем число моль растворенного вещества в 3л раствора:

$$n = \frac{P_{осм} \cdot V}{1000 \cdot RT} = \frac{1,2 \cdot 10^5 \cdot 3}{10^3 \cdot 8,31 \cdot 283} = 0,15 \text{ моль}$$

2. Найдем молярную концентрацию раствора:

0,15 моль вещества содержится в 3л раствора

x моль ----- в 1л раствора

$$X = \frac{0,15}{3} = 0,05 \text{ моль / л}$$

**Ответ:** 0,05 моль/л

**Задача № 4.** Вычислите давление пара раствора, содержащего 34,23 г сахара в 45,05 г воды при 65 °С, если давление паров воды при этой температуре  $2,5 \cdot 10^4 \text{ Па}$ .

**Решение:** Согласно закону Рауля

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n}{n + N}, \text{ отсюда } P = P_0 \frac{N}{n + N}$$

1. Число моль растворено вещества и растворителя:

$$n(C_{12}H_{22}O_{11}) = \frac{m}{M} = \frac{34,23 \text{ г}}{342 \text{ г/моль}} = 0,1 \text{ моль}$$

$$N(H_2O) = \frac{45,05 \text{ г}}{18 \text{ г/моль}} = 2,5 \text{ моль}$$

$$2. P = \frac{2,5 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 2,5 \text{ моль}}{2,5 \text{ моль} + 0,1 \text{ моль}} = 2,4038 \text{ Па}$$

**Ответ:** 2,4038 Па

**Задача № 5.** Рассчитать молекулярную массу неэлектролита, если 28,5 г этого вещества, растворенного в 785 г  $H_2O$ , вызывают понижение давления пара  $H_2O$  над раствором на 52,37 Па при  $40^\circ C$ . Давление водяного пара при этой температуре равно 7375,9 Па.

**Решение:** 
$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{n}{n + N}$$

1. Рассчитаем число моль растворенного вещества и растворителя:

$$n = \frac{m(v - va)}{M(v - va)} = \frac{28,5}{M(v - va)}$$

$$N = \frac{m(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{785}{18} = 43,6 \text{ моль}$$

2. Рассчитаем молекулярную массу неэлектролита:

$$\frac{p_0 - p}{p_0} = \frac{\frac{28,5}{M(v - va)}}{\frac{28,5}{M(v - va)} + 43,6}; \quad \frac{52,37}{7375,9} = \frac{\frac{28,5}{M(v - va)}}{\frac{28,5}{M(v - va)} + 43,6}$$

$$0,0071 = \frac{28,5 \cdot M(v - va)}{(43,6 \cdot M(v - va) + 28,5) \cdot M(v - va)};$$

$$28,5 = 0,309 \cdot M(v - va) + 0,202$$

$$0,309 \cdot M(v - va) = 28,298; \quad M(v - va) = 91,58 \text{ г/моль}$$

**Ответ:** молекулярная масса = 91,58 г/моль

**Задача № 6.** Сколько граммов глюкозы нужно растворить в 270 г  $H_2O$  для повышения температуры кипения на  $1^\circ C$ ?

**Решение:** 
$$\Delta t_{\text{кин}} = E \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot M}; \quad \text{отсюда } m = \frac{\Delta t_{\text{кин}} \cdot m_1 \cdot M}{E \cdot 1000};$$

$$m = \frac{1 \cdot 270 \cdot 180}{0,516 \cdot 1000} = \frac{48600}{516} = 94,19 \text{ г}$$

**Ответ:**  $m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 94,19 \text{ г}$

**Задача № 7.** Определить температуру кипения и замерзания раствора, содержащего 1г нитробензола в 10 г бензола. E и K бензола соответственно равны  $2,57^\circ$  и  $5,1^\circ$ . Температура кипения чистого бензола равна  $80,2^\circ\text{C}$ , а замерзания  $5,4^\circ\text{C}$ .

**Решение:**  $\Delta t_{\text{кип}} = E \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot M};$

1. Найдем  $\Delta t_{\text{кип. р-ра}}$ :  $\Delta t_{\text{кип.}} = \frac{2,57 \cdot 1 \cdot 1000}{10 \cdot 123} = 2,09^\circ$

2. Найдем температуру кипения раствора:

$$t_{\text{кип. р-ра}} = t_{\text{кип. р-ля}} + \Delta t_{\text{кип.}} = 80,2 + 2,09 = 82,29^\circ$$

3. Найдем  $\Delta t_{\text{зам. р-ра}}$ :

$$\Delta t_{\text{зам}} = K \cdot \frac{m \cdot 1000}{m_1 \cdot M} = \frac{5,1 \cdot 1 \cdot 1000}{10 \cdot 123} = 4,15^\circ$$

4. Найдем  $t_{\text{зам. р-ра}}$ :

$$t_{\text{зам. р-ра}} = t_{\text{зам. р-ля}} - \Delta t_{\text{зам.}} \quad \Delta t_{\text{зам. р-ра}} = 5,4 - 4,15 = 1,25^\circ$$

**Ответ:**  $82,29^\circ, 1,25^\circ$

### ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

**Задача № 1.** Вычислите осмотическое давление 0,5 М раствора этанола при  $20^\circ\text{C}$ .

**Задача № 2.** Вычислите осмотическое давление 0,1 М раствора глицерина при  $25^\circ\text{C}$ .

**Задача № 3.** Вычислите осмотическое давление 0,1 М раствора глюкозы при  $25^\circ\text{C}$ .

**Задача № 4.** Рассчитайте концентрация раствора этиленгликоля (тосол) замерзающего при температуре  $-37,2^\circ\text{C}$ , ( $K_{\text{H}_2\text{O}} = 1,86 \text{ град. кг/ моль}$ )

**Задача № 5.** Рассчитайте концентрацию раствора глюкозы, кипящего при температуре  $100,78^\circ\text{C}$  ( $E_{\text{H}_2\text{O}} = 0,52 \text{ град}\cdot\text{кг/моль}$ )

**Задача № 6.** Определить молекулярную массу камфары, если раствор 0,552 г её в 17 г эфира кипит на  $0,45^\circ\text{C}$  выше, чем чистый эфир (для эфира  $E = 2,16^\circ\text{C}$ ).

**Задача № 7.** Вычислить температуру замерзания раствора, приготовленного смешиванием 150г воды с 2,5 г глицерина.