



Семинар №2

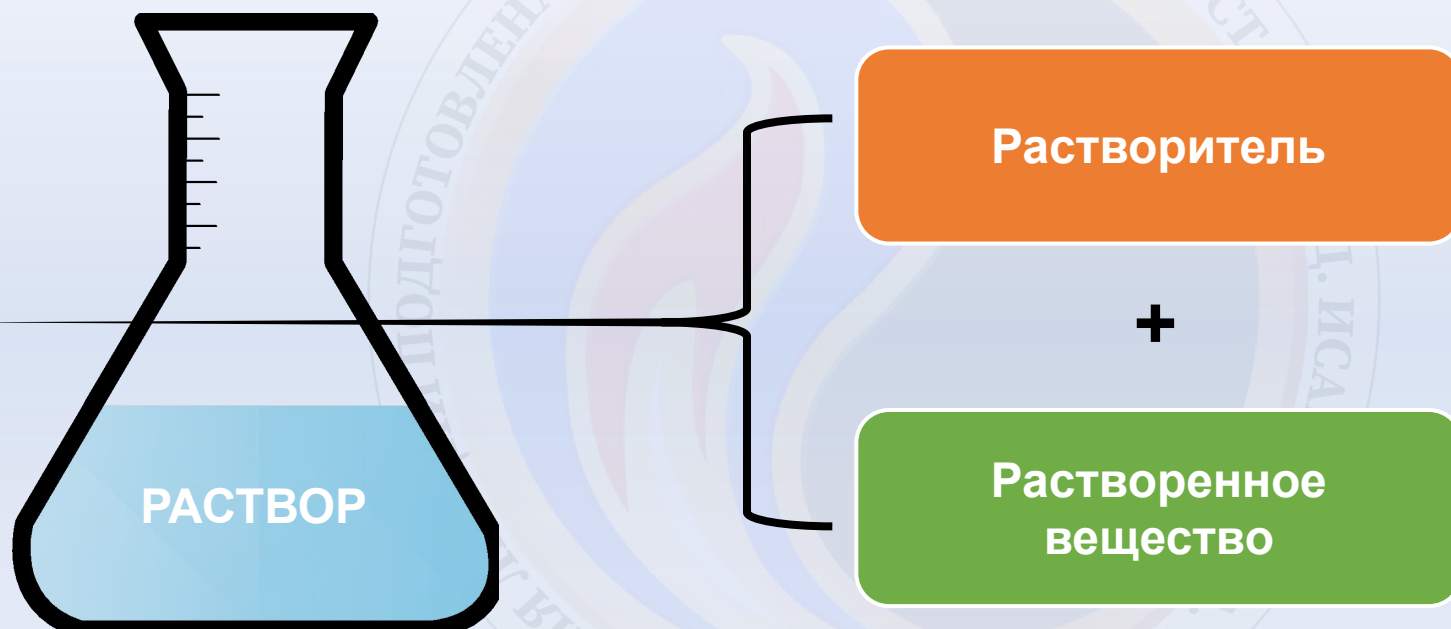
Способы выражения состава растворов



Презентацию семинара подготовили доц. Карташева М.Н, ст. преп. Исаева Е.А.

Количественный состав растворов

Раствор состоит из 2-х и более компонентов:



Количественный состав растворов выражается их **концентрацией**

Концентрация

Содержание определенной порции вещества в растворе или в растворителе называется концентрацией.



Способы количественного выражения состава растворов

Массовая доля (процентная концентрация)
– это отношение массы растворенного вещества к массе раствора

$$\omega = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\%$$

$$m_{\text{раствора}} = m_{\text{вещества}} + m_{\text{воды}}$$



$$m_{\text{воды}} = m_{\text{раствора}} - m_{\text{вещества}}$$

При комнатной температуре принимаем **плотность воды равной 1 г/мл.**

Пример

10% раствор карбоната натрия:

- **10 г вещества карбоната натрия** содержится в **100 г раствора карбоната натрия.**

$$m_{\text{ВОДЫ}} = m_{\text{раствора}} - m_{\text{вещества}}$$

$$m_{\text{ВОДЫ}} = 100 - 10 = 90 \text{ г}$$

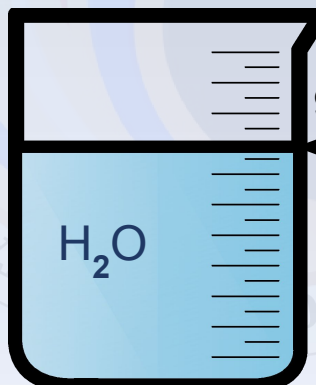
$$V_{\text{ВОДЫ}} = \frac{m_{\text{ВОДЫ}}}{\rho_{\text{ВОДЫ}}} = \frac{90 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 90 \text{ мл}$$

10 г
 Na_2CO_3



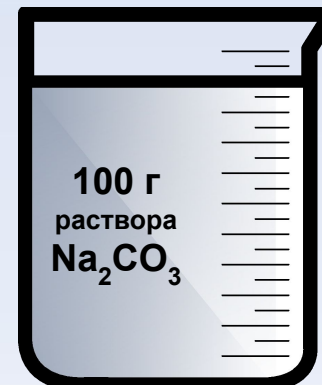
Растворимое
вещество

+



Растворитель

90 мл



Раствор

Массовая концентрация – масса вещества в граммах, содержащаяся в 1 л раствора.

$$C_{\text{масс.}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{V_{\text{раствора}}}$$

Размерность: $\left[\frac{\text{г}}{\text{л}} \right]$

Пример

$$C_{(\text{NaCl})} = 54 \text{ г/л}$$

54 грамма вещества хлорида натрия содержится в 1 литре раствора

Молярная концентрация (молярность)
– число молей растворенного вещества,
содержащаяся 1 литре раствора

$$C_M = \frac{n}{V_{\text{раствора}}}$$

n – количество вещества в моль;
 $V_{\text{раствора}}$ – объем раствора в литрах

Размерность: $\left[\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{Л}} \right]$

$$n = \frac{m_{\text{вещества}}}{M_{\text{вещества}}}$$



$$C_M = \frac{m_{\text{вещества}}}{M_{\text{вещества}} \cdot V_{\text{раствора}}}$$

Пример

$$C_{(\text{NaCl})} = 4 \text{ M}$$

- четырехмолярный раствор хлорида натрия
- **4 моль вещества хлорида натрия** содержится в **1 литре раствора хлорида натрия**

Расчет массы раствора по заданному объему

Объем и масса раствора связаны через плотность:

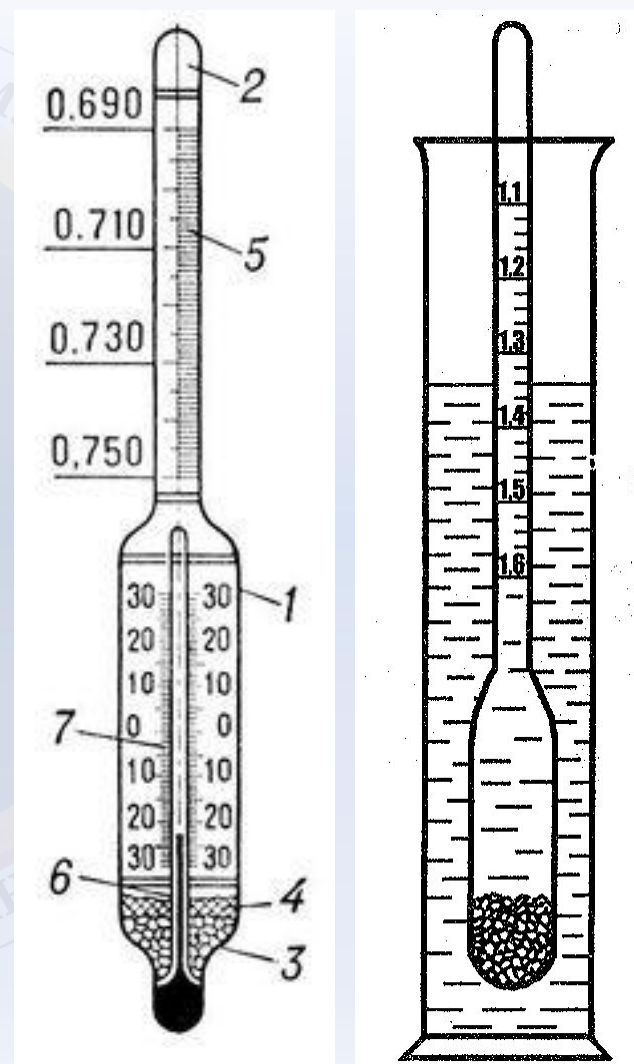
$$\rho = \frac{m_{\text{раствора}}}{V_{\text{раствора}}}$$



$$m_{\text{раствора}} = V_{\text{раствора}} \cdot \rho_{\text{раствора}}$$

Для измерения плотности используется:

- **АРЕОМЕТР** - это прибор в виде стеклянного поплавка с измерительной шкалой и грузом (внизу).
- Ареометр представляет собой стеклянную трубку, нижняя часть которой заполняется дробью или ртутью для достижения необходимой массы. В верхней части находится шкала, которая проградуирована в значениях плотности раствора или концентрации растворенного вещества.
- Принцип действия ареометра основан на законе Архимеда. В зависимости от плотности жидкости сила Архимеда будет различна, и ареометр будет погружаться в разных жидкостях на разную глубину.
- Плотность раствора равняется отношению массы ареометра к объему, на который он погружается в жидкость.



Нормальная концентрация (нормальность или молярная концентрация эквивалента) – число моль-эквивалентов, содержащееся в в 1 литре раствора

$$C_{\text{Н}} = \frac{n_{\text{ЭКВ}}}{V_{\text{раствора}}}$$

$$C_{\text{Н}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{M_{\text{Э}} \cdot V_{\text{раствора}}}$$

Размерность: $\left[\frac{\text{МОЛЬ-ЭКВ}}{\text{Л}} \right]$

$M_{\text{Э}}$ – молярная масса эквивалента – это масса одного моль эквивалента

$$M_{\text{Э}} = M_{\text{вещества}} \cdot f_{\text{Э}}$$

$f_{\text{Э}}$ – фактор эквивалентности

$$f = \frac{1}{z}$$

**z – ЧИСЛО
ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ**

Примеры пересчета концентраций

1. Пересчет массовой доли в молярную концентрацию

1 л = 1000 мл

Выразим массу вещества из уравнения для массовой доли:

$$m_{\text{вещества}} = \frac{\omega \cdot m_{\text{раствора}}}{100} = \frac{\omega \cdot V_{\text{раствора}} [\text{мл}] \cdot \rho}{100}, [\text{Г}]$$

Подставим в уравнение для молярной концентрации:

! *Внимательно проверяем размерности*

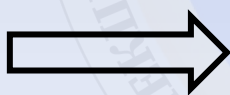
$$C_M = \frac{m_{\text{вещества}} [\text{Г}]}{M_{\text{вещества}} [\text{Г/МОЛЬ}] \cdot V_{\text{раствора}} [\text{Л}]} = \frac{\omega \cdot V_{\text{раствора}} [\text{мл}] \cdot \rho \cdot 1000}{100 \cdot M_{\text{вещества}} \cdot V_{\text{раствора}} [\text{мл}]} = \frac{\omega \cdot \rho \cdot 10}{M_{\text{вещества}}}$$

$$C_M = \frac{10 \cdot \omega \cdot \rho}{M_{\text{вещества}}}$$

Примеры пересчета концентраций

2. Пересчет молярной концентрации в нормальную (молярную концентрацию эквивалента)

$$C_H = \frac{m_{\text{В-ва}}}{M_{\text{э}} \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{m_{\text{В-ва}}}{M_{\text{В-ва}} \cdot f_{\text{э}} \cdot V_{\text{р-ра}}} = \frac{z \cdot m_{\text{В-ва}}}{M_{\text{В-ва}} \cdot V_{\text{р-ра}}}$$



$$C_H = z \cdot C_M$$

Моляльная концентрация (моляльность)
– число молей растворенного вещества,
содержащееся в 1 килограмме растворителя

$$C_{\mu} = \frac{n_{\text{вещества}}}{m_{\text{растворителя}}}$$

Размерность: $\left[\frac{\text{МОЛЬ}}{\text{КГ}} \right]$

Пример

$$C_{\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}} = 0,5 \text{ моль/кг}$$

0,5 моль соляной кислоты содержится в 1 кг воды
раствор с концентрацией **0,5 моль/кг** называют **0,5-моляльным**

Пример №1. Массовая доля для раствора серной кислоты составляет 98% (плотность раствора 1,86г/мл). Рассчитайте молярную, нормальную и моляльную концентрации этого раствора

Дано:

$$\omega_{H_2SO_4} = 98\%$$

$$\rho = 1,86 \text{ Г/МЛ}$$

Найти:

$C_M, C_N, C_{\text{МОЛ.}}$

Решение:

Из условия задачи, в соответствии с формулой расчета массовой доли следует:

98 г	100 г	2 г

Для расчета концентраций найдем:

$$1. n = \frac{m_{\text{в-ва}}}{M_{\text{в-ва}}} = \frac{98 \text{ г}}{(2 \cdot 1 + 32 + 4 \cdot 16) \text{ Г/МОЛЬ}} = 1 \text{ МОЛЬ}$$

$$2. V_{\text{р-ра}} = \frac{m_{\text{р-ра}}}{\rho} = \frac{100 \text{ г}}{1,86 \text{ Г/МЛ}} = 53,8 \text{ МЛ} = 53,8 \cdot 10^{-3} \text{ Л}$$

1		

продолжение

1		

$$3. C_M = \frac{n}{V_{\text{раствора}}} = \frac{1 \text{ моль}}{53,8 \cdot 10^{-3} \text{ л}} = \frac{1 \text{ моль} \cdot 1000}{53,8 \text{ л}} = 18,6 [\text{моль/л}]$$

$$4. C_H = z \cdot C_M = 2 \cdot 18,6 = 37,2 [\text{моль} \cdot \text{ЭКВ/л}]$$

$z (\text{H}_2\text{SO}_4) = 2$, т.к. в составе молекулы содержится 2 атома водорода

$$5. C_n = \frac{n_{\text{в-ва}}}{m_{\text{р-ля}}} = \frac{1 \text{ моль}}{2 \text{ кг}} = 0,5 [\text{моль/кг}]$$

Ответ:

18,6	37,2	0,5

Пример №2

Рассчитайте объемы 96% раствора серной кислоты ($\rho_1 = 1,840$ г/мл) и воды необходимые для приготовления 2 л 20% раствора серной кислоты ($\rho_2 = 1,143$ г/мл)

Дано:

$$\omega_1 \text{H}_2\text{SO}_4 = 96 \%$$

$$\rho_1 = 1,840 \text{ Г/МЛ}$$

$$\omega_2 \text{H}_2\text{SO}_4 = 20 \%$$

$$\rho_2 = 1,143 \text{ Г/МЛ}$$

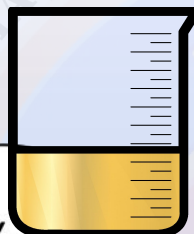
$$V_2 \text{H}_2\text{SO}_4 = 2 \text{ л}$$

Найти:

$$V_1 \text{H}_2\text{SO}_4, V_{\text{H}_2\text{O}}$$

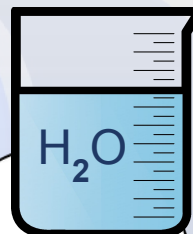
Решение:

Раствор 1



96% р-р
 H_2SO_4
 $V_1 \text{H}_2\text{SO}_4 = ?$

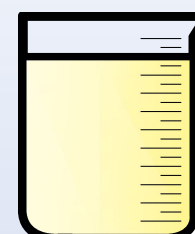
+



$V_{\text{H}_2\text{O}} = ?$



Раствор 2



2 л
20% р-ра
 H_2SO_4

1) Определим массу вещества H_2SO_4 , содержащуюся в растворе 2:

$$m_{2 \text{ р-ра}} = V_{2 \text{ р-ра}} \cdot \rho = 2000 \text{ мл} \cdot 1,143 \text{ Г/МЛ} = 2286 \text{ г}$$

	ВЕЩЕСТВО	РАСТВОР
По условию	$m_{2 \text{ в-ва}}$	2286 г
По определению	20 г	100 г

$$m_{2 \text{ в-ва}} = \frac{20 \cdot 2286}{100} = 457,2 \text{ г}$$

$$m_{1 \text{ в-ва}} = m_{2 \text{ в-ва}}$$

2) Определим массу раствора 1, содержащего 457,2 г вещества серной кислоты:

	ВЕЩЕСТВО	РАСТВОР
По условию	457,2 г	$m_{1 \text{ р-ра}}$
По определению	96 г	100 г

$$m_{1 \text{ р-ра}} = \frac{457,2 \cdot 100}{96} = 476,25 \text{ г}$$

3) Найдем объем раствора 1:

$$V_{1 \text{ р-ра}} = \frac{m_{1 \text{ р-ра}}}{\rho_1} = \frac{476,25}{1,840} = 258,83 \text{ мл}$$

4) Найдем объем воды, необходимый для приготовления раствора 2:

$$V_{\text{воды}} = V_{2 \text{ р-ра}} - V_{1 \text{ р-ра}} = 2000 - 258,83 = 1741,17 \text{ мл}$$

Для того, чтобы рассчитать объем концентрированного раствора необходимого для приготовления раствора с заданной молярной (нормальной, моляльной, массовой) концентрацией следует на основе формулы для расчета молярной (нормальной, моляльной, массовой) концентрации рассчитать массу вещества в растворе 2, а затем по аналогии определить необходимый объем концентрированного раствора.

Растворимость – способность вещества растворяться в определенной порции растворителя растворителя

Коэффициент растворимости – величина, показывающая какая максимальная масса вещества в граммах может раствориться в 100 граммах растворителя при данной температуре

$$S_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{растворителя}}} \cdot 100$$

Размерность:

$$\left[\frac{\text{г}}{100 \text{ г растворителя}} \right]$$

Пример

$$S_{\text{NaNO}_3} = 8,5 \text{ г} / 100 \text{ г H}_2\text{O при } 10^\circ\text{C}$$

При данной температуре в 100 г воды может максимально раствориться 8,5 г нитрата натрия

Пример №3

В 300 г раствора при 50°C содержится 81 г хлорида натрия. Рассчитайте растворимость соли при данной температуре и массовую долю хлорида натрия в растворе.

Дано:

$$m_{\text{р-ра}} = 300 \text{ г}$$

$$m_{\text{в-ва NaCl}} = 81 \text{ г}$$

$$t = 50^\circ\text{C}$$

Найти:

$$S_{\text{NaCl}} = ?$$

$$\omega_{\text{NaCl}} = ?$$

Решение:

$$m_{\text{воды}} = m_{\text{раствора}} - m_{\text{вещества}} = 300 - 81 = 219 \text{ г}$$

$$S_{\text{вещества}} = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{растворителя}}} \cdot 100 = \frac{81}{219} \cdot 100 \approx 37 \text{ г в } 100 \text{ г } H_2O$$

$$\omega = \frac{m_{\text{вещества}}}{m_{\text{раствора}}} \cdot 100\% = \frac{81 \cdot 100}{300} = 27 \%$$

Ответ:

при данной температуре растворимость хлорида натрия 37 г в 100 г воды, массовая доля хлорида натрия 27 %

Пример №4

Рассчитайте объем воды и массу кристаллогидрата $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (медный купорос) необходимые для приготовления 1л раствора сульфата меди с массовой долей 8%. Плотность 8% раствора сульфата меди – 1,084 г/мл.

Дано:

$$V_{\text{р-ра}} = 1 \text{ л}$$

$$\omega_{\text{CuSO}_4} = 8\%$$

$$\rho = 1,084 \text{ г/мл}$$

Найти:

$$m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = ?$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = ?$$

Решение:

1) Определим массу раствора:

$$m_{\text{р-ра}} = V_{\text{р-ра}} \cdot \rho = 1000 \text{ мл} \cdot 1,084 \text{ г/мл} = 1084 \text{ г}$$

2) Найдем массу безводной соли сульфата меди в 1л 8% раствора:

$$m_{\text{в-ва}} = \frac{\omega_{\text{CuSO}_4} \cdot m_{\text{р-ра}}}{100} = \frac{8 \cdot 1084}{100} = 86,72 \text{ г}$$

3) Определим массу кристаллогидрата, содержащего 86,7 г безводной соли. Составим пропорцию:

$$\begin{array}{l} M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} - M_{\text{CuSO}_4} \\ m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{CuSO}_4} \end{array} \Rightarrow m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = \frac{m_{\text{CuSO}_4} \cdot M_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{CuSO}_4}} = \frac{86,7 \cdot 250}{160} = 135,5 \text{ г}$$

3) Определим массу воды и вычислим соответствующий объем:

$$m_{\text{воды}} = m_{\text{р-ра}} - m_{\text{в-ва}} = 1084 - 135,5 = 948,5 \text{ г} \Rightarrow V_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{948,5 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 948,5 \text{ мл}$$

Ответ: масса кристаллогидрата 135,5 г, объем воды 948,5 мл

Пример №5

Какой объем воды необходимо добавить к 200 мл 30% раствора гидроксида натрия (плотность раствора 1,33 г/мл) для получения 10% раствора щелочи

Дано:

$$V_{1 \text{ NaOH}} = 200 \text{ мл}$$

$$\omega_{1 \text{ NaOH}} = 30 \%$$

$$\rho_1 = 1,33 \text{ г/мл}$$

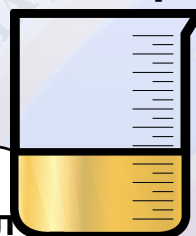
$$\omega_{2 \text{ NaOH}} = 10 \%$$

Найти:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = ?$$

Решение:

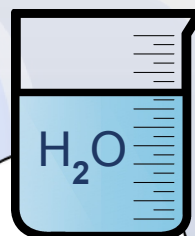
Раствор 1



0,2 л
30% р-р

NaOH

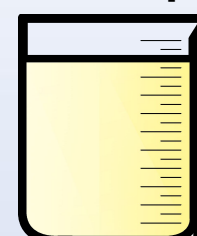
+



$V_{\text{H}_2\text{O}} = ?$



Раствор 2



10% р-р

NaOH

1) Определим массу раствора 1:

$$m_{1 \text{ р-ра}} = V_{\text{р-ра}} \cdot \rho = 200 \text{ мл} \cdot 1,33 \text{ г/мл} = 266 \text{ г}$$

2) Определим массу вещества NaOH, содержащуюся в растворе 1:

$$m_{1 \text{ в-ва}} = m_{1 \text{ р-ра}} \cdot \omega_1 = 266 \cdot 0,3 = 79,8 \text{ г}$$

3) Раствор готовим методом разбавления. Поэтому масса вещества в растворе остается неизменной, изменится только масса раствора:

$$m_{1 \text{ в-ва}} = m_{2 \text{ в-ва}} = 79,8 \text{ г}$$

4) Определим массу раствора 2, т.е. 10%-ого раствора NaOH:

$$m_{2 \text{ р-ра}} = \frac{m_{2 \text{ в-ва}} \cdot 100}{\omega_2} = \frac{79,8 \cdot 100}{10} = 798 \text{ г}$$

5) Определим массу и объём воды, необходимый для приготовления 10%-ого раствора NaOH:

$$m_{\text{воды}} = m_{2 \text{ р-ра}} - m_{1 \text{ р-ра}} = 798 - 266 = 532 \text{ г} \Rightarrow V_{H_2O} = \frac{532 \text{ г}}{1 \text{ г/мл}} = 532 \text{ мл}$$

Ответ: Необходимо добавить 532 мл воды.

Пример №6

Рассчитайте объемы 2М и 6М растворов соляной кислоты необходимые для приготовления 500 мл 3М раствора этой кислоты. Изменением объема при смешивании пренебречь.

Дано:

$$C_{1 \text{ HCl}} = 2\text{M}$$

$$C_{2 \text{ HCl}} = 6\text{M}$$

$$C_{3 \text{ HCl}} = 3\text{M}$$

$$V_{3 \text{ HCl}} = 500\text{мл}$$

Найти:

$$V_{1 \text{ HCl}}, V_{2 \text{ HCl}}$$

Решение:

1) Молярная концентрация: $C_M = \frac{n}{V_{\text{раствора}}}$

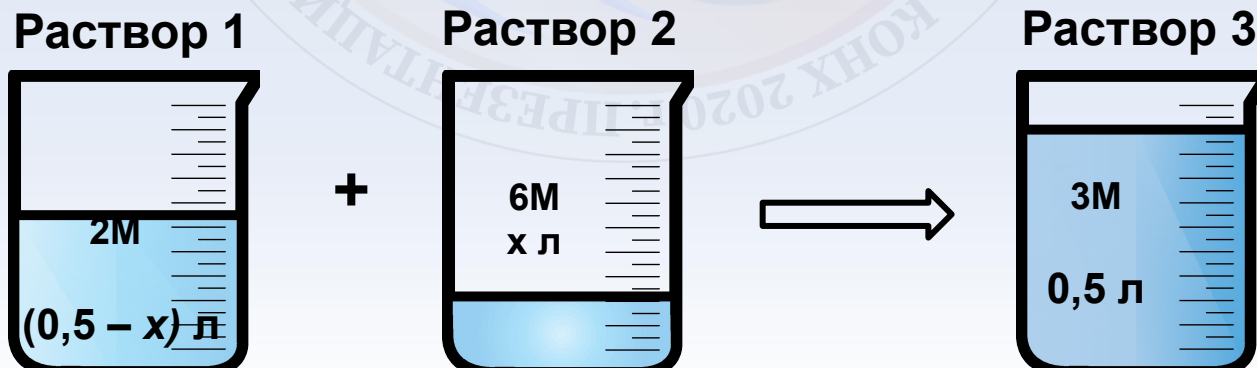
При смешении растворов разной концентрации изменяются и количество вещества и количество раствора:

$$n_{3 \text{ в-ва}} = n_{1 \text{ в-ва}} + n_{2 \text{ в-ва}} \quad (1)$$

$$V_3 = V_1 + V_2 \quad (2)$$

2) Обозначим необходимый объём 6М раствора 2 через x : $V_{2 \text{ HCl}} = x \quad (3)$, тогда необходимый объём раствора 1 равен:

$$V_{1 \text{ HCl}} = V_{3 \text{ HCl}} - x = 0,5 - x \quad (4)$$



3) Выразим количество вещества в растворе 1 и растворе 2 исходя из их молярных концентраций:

$$n_{1 \text{ в-ва}} = C_{1 \text{ HCl}} \cdot V_{1 \text{ HCl}} = 2 \cdot (0,5 - x) \quad (5)$$

$$n_{2 \text{ в-ва}} = C_{2 \text{ HCl}} \cdot V_{2 \text{ HCl}} = 6 \cdot x \quad (6)$$

4) Из условия задачи определим количество вещества HCl в растворе 3:

$$n_{3 \text{ в-ва}} = C_{3 \text{ HCl}} \cdot V_{3 \text{ HCl}} = 3 \cdot 0,5 = 1,5 \text{ моль} \quad (7)$$

5) Подставим в выражение (1) значения количества веществ из (5), (6) и (7):

$$1,5 = 2 \cdot (0,5 - x) + 6x ;$$

$$1,5 = 1 - 2x + 6x ;$$

$$0,5 = 4x ;$$

$$x = 0,125 \text{ л}$$

Следовательно:

- Объем 6М раствора $V_{2 \text{ HCl}} = 125 \text{ мл}$
- Объем 2М раствора $V_{1 \text{ HCl}} = 500 - 125 = 375 \text{ мл}$

Ответ: $V_{1 \text{ HCl}} = 375 \text{ мл}$, $V_{2 \text{ HCl}} = 125 \text{ мл}$

Спасибо за внимание!



Вопросы по теме семинара
можно задать на портале
дистанционного обучения
Университета на форуме.

Презентацию семинара подготовили доц. Карташева М.Н, ст. преп. Исаева Е.А.