



Состав раствора количественно характеризуется величинами концентраций

- **Массовая, мольная, объемная доли**
[доли, %]
- **Массовая концентрация**
[г/л]
- **Молярная концентрация**
[моль/л]
- **Моляльная концентрация**
[моль/кг растворителя]
- **Нормальная (эквивалентная) концентрация**
[моль-экв/л]

Эквивалент

Закон эквивалентов





Деньги

- своеобразный
 универсальный
 товар-эквивалент,
 служащий для
 соизмерения
 различных видов
 труда и
 принимаемый в
 уплату за товары и
 услуги.

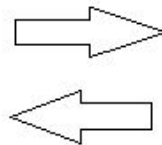


Скотоводство



1 шт.

(относительная форма)



Земледелие



15 кг

(эквивалентная форма)

40 килограммов зерна =
 или
 20 метров холста =
 или
 1 овца =
 или
 2 топора =
 и т. д. } 3 граммам золота.

Основные определения

- **Эквивалентом называется реальная или условная частица вещества, которая может замещать, присоединять, содержать, обменивать, высвобождают или быть каким-либо иным образом эквивалентна :**
 - **Одному атому водорода (H)**
 - **Одному иону водорода (H^+) в кислотно-основных или ионообменных реакциях**
 - **Одному электрону в окислительно - восстановительных реакциях.**

Основные определения

- Эквивалентное число (Z) – это число, показывающее, какому числу ионов водорода (H^+) в кислотно-основных или ионообменных реакциях или какому числу электронов в ОВР, или какому числу атомов водорода эквивалентна данная частица.
- Фактор эквивалентности (f) показывает, какая часть частицы эквивалентна одному атому водорода (иону водорода, электрону)

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




Реальная частица	Эквивалентное число Z	Фактор эквивалентности f=1/Z	Частица - эквивалент
H_2SO_4	2	1/2	$[\frac{1}{2} \text{H}_2\text{SO}_4]$
NH_3	3	1/3	$[\frac{1}{3} \text{NH}_3]$
HCl	1	1	$[\text{HCl}]$
H_2	2	1/2	$[\frac{1}{2} \text{H}_2]=[\text{H}]$
O (O₂)	2 (4)	1/2 (1/4)	$[\frac{1}{2} \text{O}]$ $([\frac{1}{4} \text{O}_2])$
NaOH	1	1	$[\text{NaOH}]$
X	Z	1/Z	$[\frac{1}{Z} \text{X}]$


Фактор эквивалентности



Кислоты
Основания
Оксида (бинарного соединения)
Соли
Химического элемента
В ОВР

Вещество	Без учета химической реакции	С учетом химической реакции
Кислота	$f = \frac{1}{\text{ОСНОВНОСТЬ КИСЛОТЫ}}$ <p>HCl $f = 1$</p> <p>H₂SO₄ $f = \frac{1}{2}$</p> <p>H₃PO₄ $f = \frac{1}{3}$</p>	$f = \frac{1}{\text{число "активных" атомов водорода}}$ <p>H₂SO₄ H₂SO₄ + NaOH = NaHSO₄ + H₂O H⁺ Z=1; f = 1</p> <p>H₂SO₄ + 2NaOH = Na₂SO₄ + 2H₂O 2H⁺ Z=2; f = $\frac{1}{2}$</p>
Основание	$f = \frac{1}{\text{КИСЛОТНОСТЬ ОСНОВАНИЯ}}$ <p>H⁺ + OH⁻ = H₂O</p> <p>NaOH $f = 1$</p> <p>Cu(OH)₂ $f = \frac{1}{2}$</p>	$f = \frac{1}{\text{число "активных" OH}^- \text{ групп}}$ <p>Cu(OH)₂ Cu(OH)₂ + HCl = Cu(OH)Cl + H₂O OH⁻ H⁺ Z=1; f = 1</p> <p>Cu(OH)₂ + 2HCl = CuCl₂ + 2H₂O 2OH⁻ 2H⁺ Z=2; f = $\frac{1}{2}$</p>

Вещество	Без учета химической реакции	С учетом химической реакции
<p>Бинарные соединения,</p> <p>Оксиды</p>	$f = \frac{1}{\text{число атомов элемента} \times \text{валентность}}$ $\text{N}^{\text{III}}\text{H}_3 \quad f = \frac{1}{1 \times 3} = \frac{1}{3}$ $\text{Na}^{\text{I}}\text{S} \quad f = \frac{1}{2 \times 1} = \frac{1}{2}$ $\text{Al}^{\text{III}}\text{O}_3 \quad f = \frac{1}{2 \times 3} = \frac{1}{6}$ $\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 = 2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>Частица — 3 атомов водорода</p>	
<p>Соли</p>	$f = \frac{1}{\text{число атомов катиона} \times \text{валентность}}$ $\text{Cr}^{\text{III}}\text{SO}_4 \quad f = \frac{1}{2 \times 3} = \frac{1}{6}$ $\text{Na}^{\text{I}}\text{S} \quad f = \frac{1}{2 \times 1} = \frac{1}{2}$ $\text{Cu}(\text{OH})^{\text{I}}\text{Cl} \quad f = \frac{1}{1 \times 1} = 1$ $\text{Na}^{\text{I}}\text{HSO}_4 \quad f = \frac{1}{1 \times 1} = 1$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} = \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$ <p>Частица - 1 атом H⁺ Z = 1; f=1</p> $\text{CuCl}_2 + \text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})\text{Cl} + \text{NaCl}$ <p>Частица - 1 OH⁻ группа Z = 1; f=1</p> $\text{CuCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Cu}(\text{OH})_2 + 2\text{NaCl}$ <p>Частица - 2 OH⁻ группа Z = 2; f=1/2</p>

Вещество	Только с учетом химической реакции
<p data-bbox="112 111 672 158">Химический элемент</p>	<div data-bbox="948 115 1574 698" style="border: 1px solid red; background-color: #e6e6fa; padding: 10px;"> $f = \frac{1}{\text{валентность атома в образуемом соединении}}$ <p data-bbox="956 392 1362 449">$\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{Cu}^{\text{I}}_2\text{O}$</p> <p data-bbox="956 478 1052 521">$f = 1$</p> <p data-bbox="956 564 1362 621">$\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{Cu}^{\text{II}}\text{O}$</p> <p data-bbox="956 649 1110 692">$f = 1/2$</p> </div>
<p data-bbox="112 751 656 925">Окислительно – восстановительные реакции</p> 	<div data-bbox="948 758 1555 1360" style="border: 1px solid red; background-color: #90ee90; padding: 10px;"> $f = \frac{1}{\text{число принятых (отданных) электронов}}$ <p data-bbox="956 949 1304 1006">$\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{Cu}^{\text{I}}_2\text{O}$</p> <p data-bbox="956 1028 1226 1078">$\text{Cu} - 1e = \text{Cu}^{+1}$</p> <p data-bbox="956 1099 1052 1142">$f = 1$</p> <p data-bbox="956 1170 1304 1228">$\text{Cu} + \text{O}_2 = 2\text{Cu}^{\text{II}}\text{O}$</p> <p data-bbox="956 1249 1226 1299">$\text{Cu} - 2e = \text{Cu}^{+2}$</p> <p data-bbox="956 1320 1110 1363">$f = 1/2$</p> </div>

Основные определения

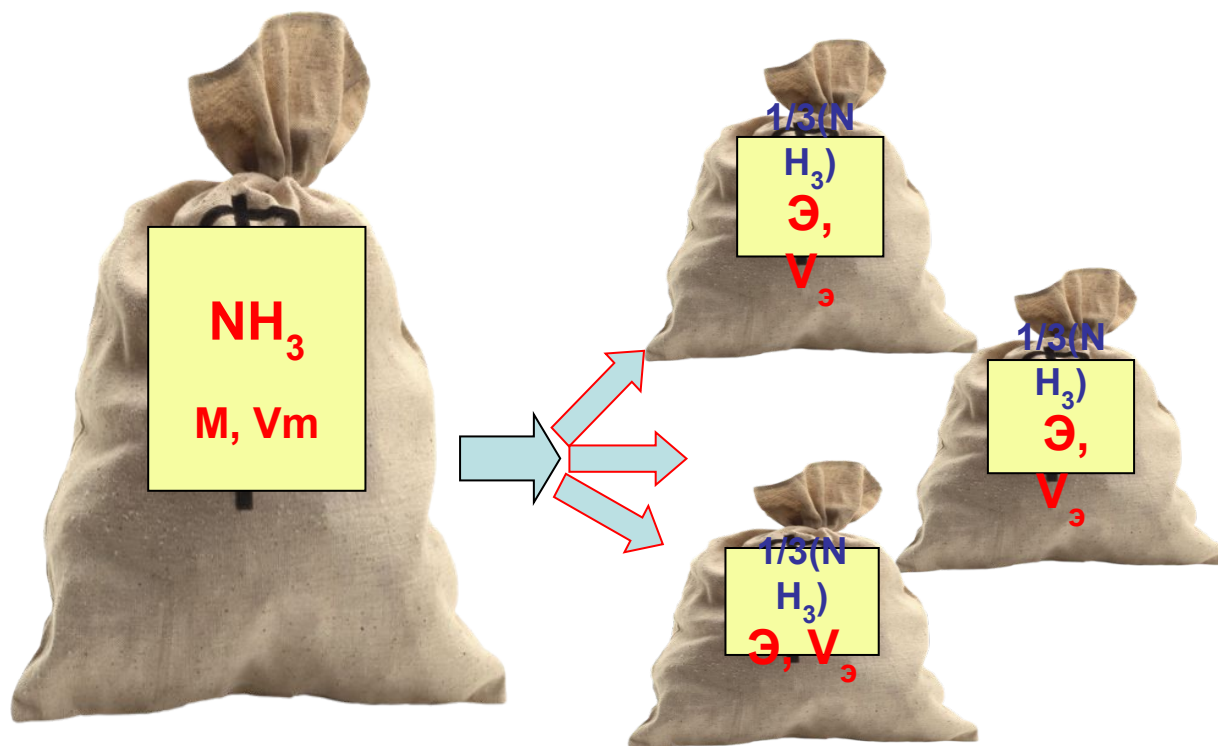
- **Количеством вещества** эквивалентов называется такое его количество:
- которое может замещать, присоединять, содержать, обменивать, высвобождать или быть каким-либо иным образом эквивалентно одному **МОЛЮ** атомов водорода (H)
- Которое соответствует одному **МОЛЮ** ионов водорода (H⁺) в кислотно-основных или ионообменных реакциях
- Одному **МОЛЮ** электронов в окислительно - восстановительных реакциях.



Основные определения

- Эквивалентная масса (Э) – это масса одного моль-эквивалента вещества [г/моль-эквивалент], [г/моль]

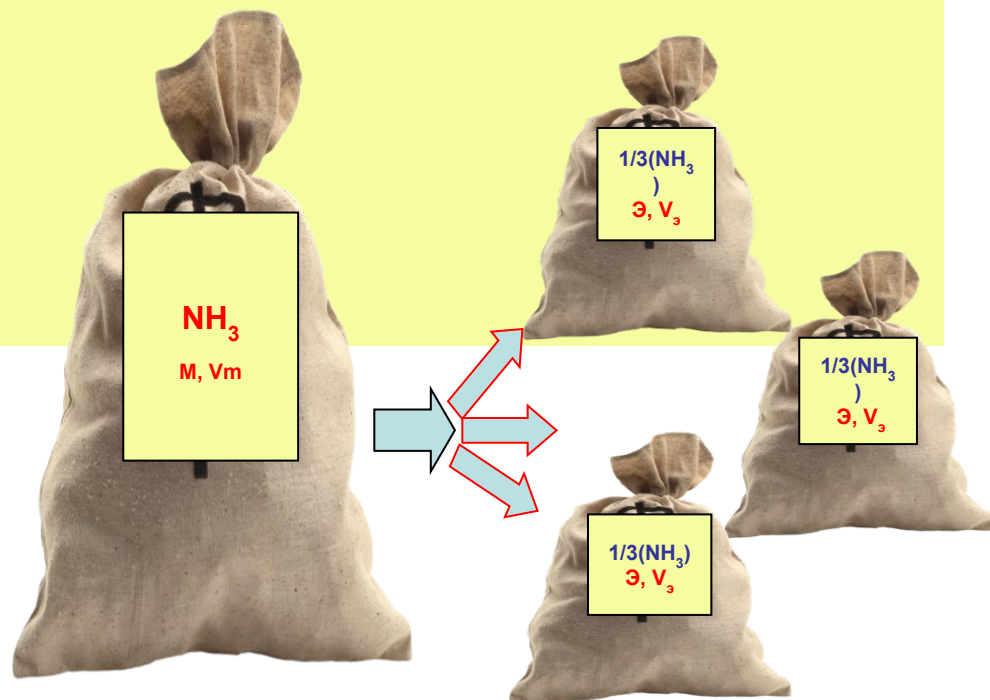
$$\mathbf{Э = f \cdot M = M/z}$$



$$\begin{aligned}\mathcal{E} &= M/3 \\ V_{\mathcal{E}} &= V_m/3 \\ F &= 1/3 \\ \mathcal{E} &= f \cdot M \\ V_{\mathcal{E}} &= f \cdot V_m\end{aligned}$$

Основные определения

- 1 моль вещества содержит z моль эквивалентов
- $n = z \cdot \nu$
- $m = \nu \cdot M = n \cdot \mathcal{E}$
- $\mathcal{E} = f \cdot M = M/z$
- $V = \nu \cdot V_m = n \cdot V_{\mathcal{E}}$
- $V_{\mathcal{E}} = f \cdot V_m$



Нормальная (эквивалентная) концентрация

$$C_{\text{н}} = \frac{n}{V_{\text{р-ра}}}$$

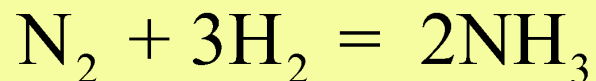
$$n = z \cdot$$

$$C_{\text{н}} = \frac{n}{V_{\text{р-ра}}} = \frac{z \cdot}{V_{\text{р-ра}}} = z \cdot C_{\text{м}} = \frac{C_{\text{м}}}{f}$$

$$C_{\text{н}} \geq C_{\text{м}}$$



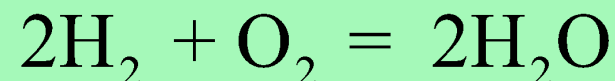
Закон эквивалентов



$$v_0 \quad 1 \neq 3 \neq 2$$

$$z \quad 2 \cdot 3 \quad 1 \cdot 2 \quad 1 \cdot 3$$

$$n \quad 1 \cdot 6 = 3 \cdot 2 = 2 \cdot 3$$



$$v_0 \quad 2 \neq 1 \neq 2$$

$$z \quad 2 \cdot 1 \quad 2 \cdot 2 \quad 1 \cdot 2$$

$$n \quad 2 \cdot 2 = 1 \cdot 4 = 2 \cdot 2$$

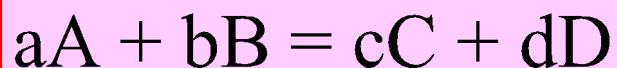
- Вещества взаимодействуют и образуются в химических реакциях в количествах равных эквивалентов**



$$n(A) = n(B) = n(C) = n(D)$$



Массы реагирующих веществ относятся между собой, как эквивалентные массы



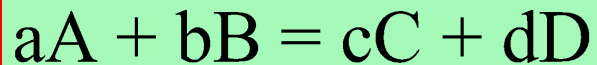
$$n(A) = n(B)$$

$$\frac{m(A)}{\mathcal{E}(A)} = \frac{m(B)}{\mathcal{E}(B)}$$

$$\frac{m(A)}{\mathcal{E}(A)} = \frac{m(B)}{\mathcal{E}(B)}$$

$$\frac{m(A)}{\mathcal{E}(A)} = \frac{m(B)}{\mathcal{E}(B)}$$

$$\frac{m(A)}{\mathcal{E}(A)} = \frac{m(B)}{\mathcal{E}(B)}$$



$$n(A) = n(B)$$

$$C_n(A) \cdot V(A) = C_n(B) \cdot V(B)$$



Основные формулы



$$M = Z \cdot$$

$$\Xi = \frac{M}{Z} = f \cdot M; \quad \Xi \leq M$$

$$M = Mh \cdot$$

$$W \forall n \cdot V_{\Xi} = \cdot m$$

$$V_{\Xi} = \frac{V_m}{Z} = f \cdot V_m \quad V_{\Xi} \leq V_m$$

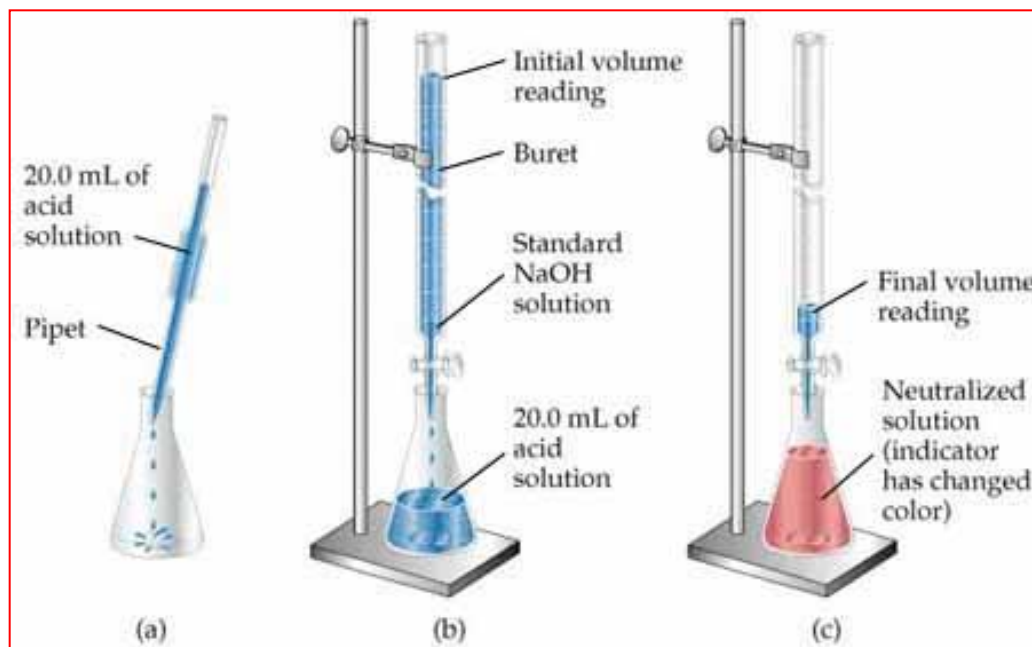
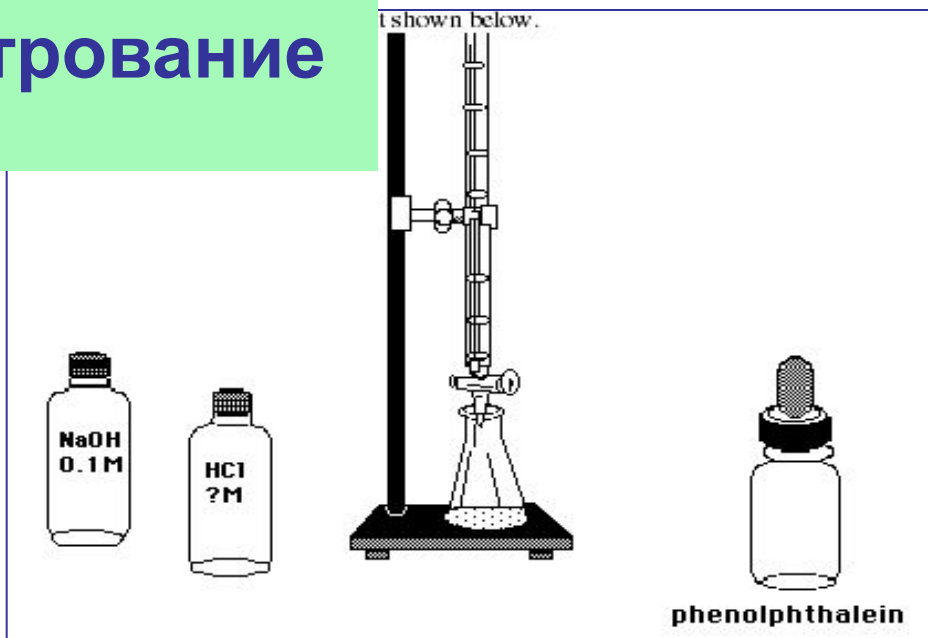
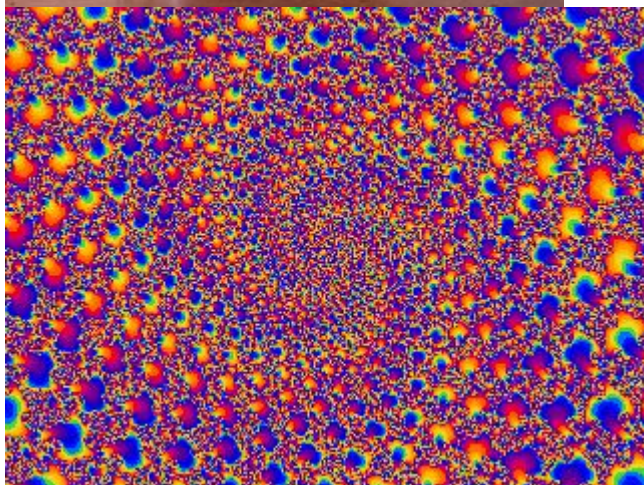
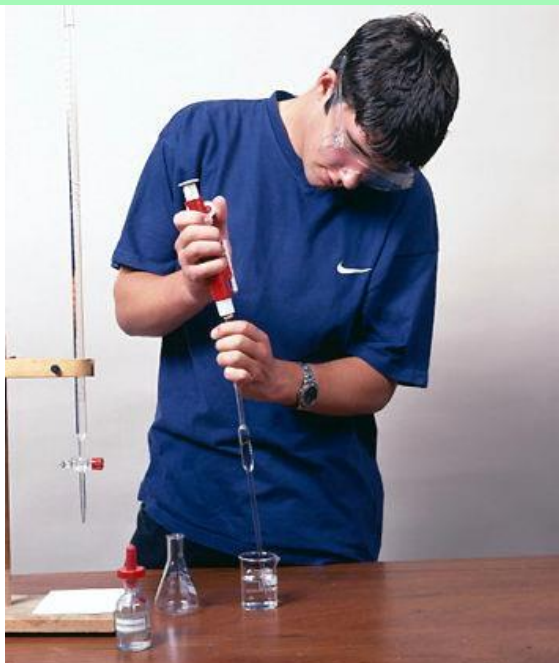
$$C_H = \frac{C_m}{Z} = f \cdot C_m \quad C_H \geq C_m$$

$$n(A) = n(B)$$

$$\frac{m(A)}{\Xi(A)} = \frac{m(B)}{\Xi(B)}$$

$$C_n(A) \cdot V(A) = C_n(B) \cdot V(B)$$

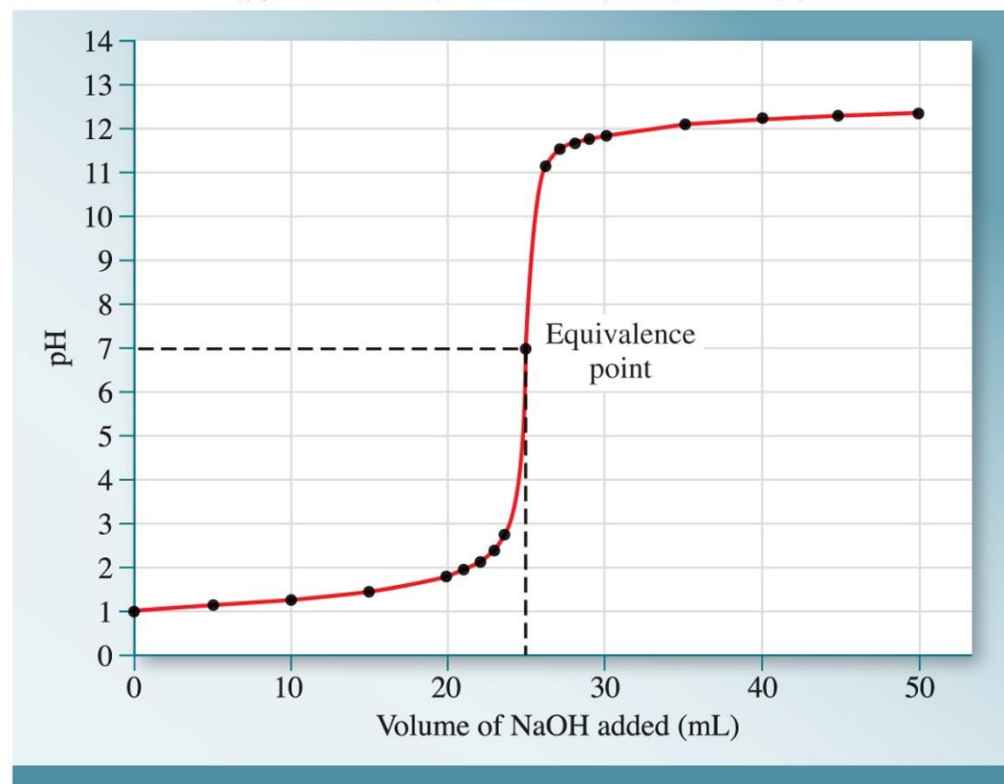
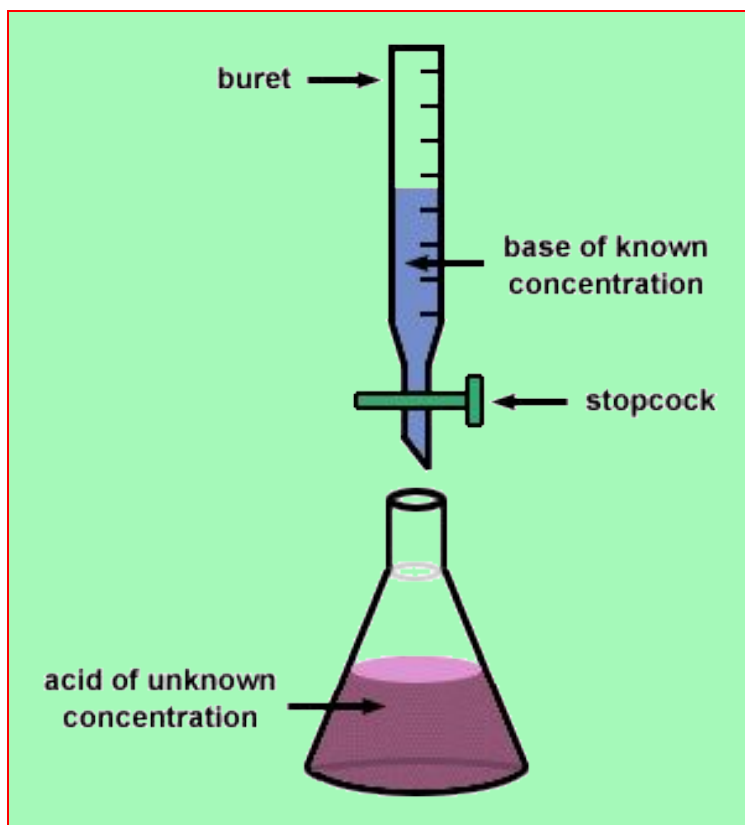
Объемный анализ - титрование

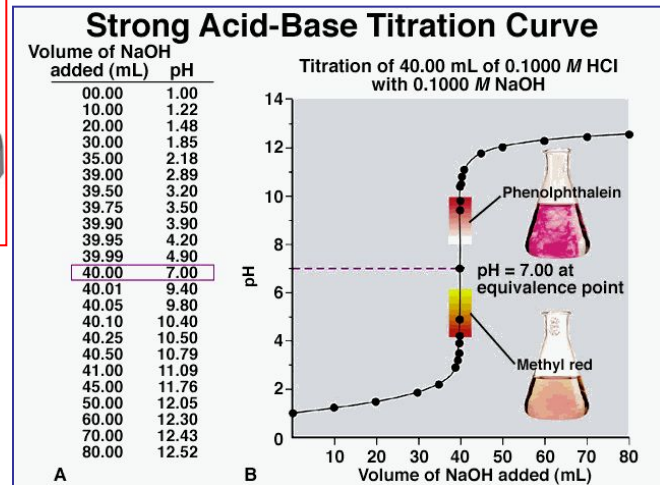
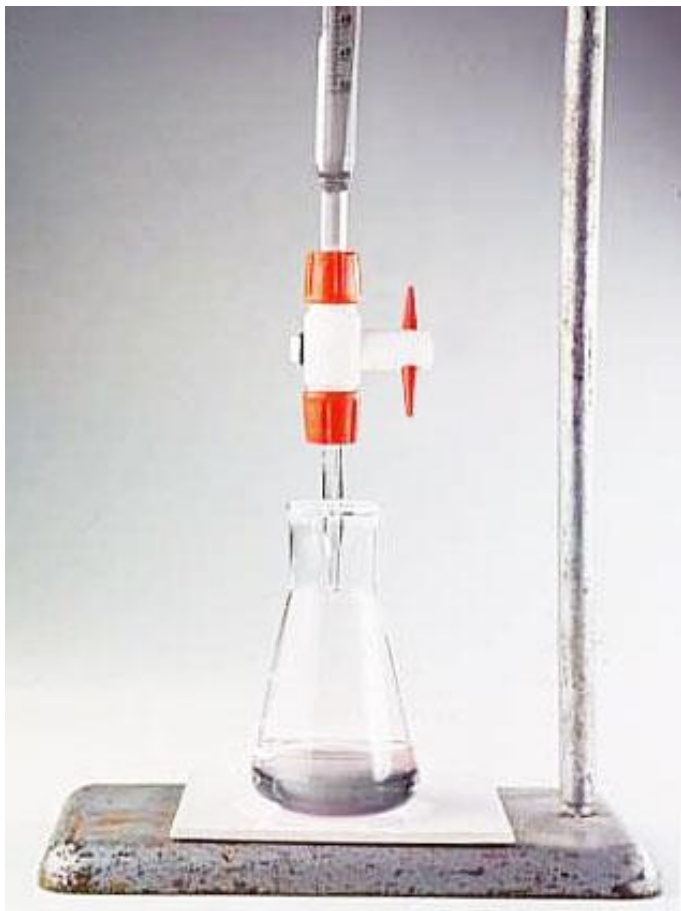


Титрование



Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.





AT-500N



AT-510

Закон разведения

концентрированном р-ре) = (разбавленном р-ре)

$$C_{m,k} \cdot V_k = C_{m,r} \cdot V_r$$

концентрированном р-ре) = n (разбавленном р-ре)

$$C_{n,k} \cdot V_k = C_{n,r} \cdot V_r$$



Задачи



- При окислении 2,81 г кадмия получено 3,21 г оксида кадмия. Вычислить эквивалентную массу кадмия.
- Определить эквивалентные массы металла и серы, если 3,24 г металла образуют 3,48 г оксида и 3,72 г сульфида.
- При растворении 1,11 г металла в кислоте выделилось 404,2 мл водорода, измеренного при 19°C и 770 мм ртутного столба. Вычислить эквивалентную и атомную массы металла, если металл двухвалентен.
- На реакцию с 0,4375 г соли израсходовали 0,1400 г NaOH. Вычислить эквивалентную массу соли.
- Вычислить эквивалентную массу $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, зная, что 6,2 г его прореагировали с 3,923 г H_2SO_4 , эквивалентная масса которой 49,04. Чему равен фактор эквивалентности $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$?

Задачи



- Определить фактор эквивалентности H_2SO_4 в реакциях с раствором KOH при образовании а) KHSO_4 , б) K_2SO_4 .
- Сколько граммов Na_2CO_3 содержится в 1 мл 0,16 Н раствора, если его нормальность вычислена по реакции взаимодействия соли с сильной кислотой с образованием H_2CO_3 ?
- Для нейтрализации 30 мл 0,1 Н раствора щелочи потребовалось 12 мл кислоты. Определить эквивалентную концентрации кислоты.
- Вычислить эквивалентную массу гексафторкремниевой кислоты (H_2SiF_6), если на нейтрализацию 25 мл раствора, содержащего 0,18 г кислоты, пошло 50 мл раствора NaOH , содержащего 0,1 г щелочи.
- В 1 кг H_2O растворено 666 г KOH , плотность раствора 1,395 г/мл. Найти а) процентную концентрацию; б) молярность; в) нормальность полученного раствора.

