

# 分析化学

教学小组

邹明珠 苏星光 赵丽巍

# 绪 论

## 一．分析化学的任务和作用

分析化学是研究测定物质组成的分析方法及其相关理论的科学。

任务：鉴定物质的化学成分	定性分析
测定各组分的含量	定量分析
确定物质的结构	结构分析

H. A. Laitinen定义为：化学表征与测量的科学。

## 分析化学的发展历史:

人类有科学就有化学，化学从分析化学开始。

1661	Boyle	“The Sceptical Chemistry”
	Lavoisier	发明天平
1841	Fresenius	“Anleitung zur qualitativen chemischen Analgse” 定性分析导论
	Fresenius	“Anleitung zur quantitativen chemischen Analgse” 定量分析导论
1885/1886	Mohr	“Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrimethode” 化学分析滴定法专论

1862 Fresenius “Zeitschrift für analytische Chemie”

——第一本分析化学杂志

1874 英国 “Analyst”

1887 美国 “J. Anal. Chem.”

1887 第一本物理化学杂志问世

1894 Ostward “分析化学科学基础”奠定经典分析的  
科学基础

## 三次重大变革

经典分析化学：19世纪末——20世纪30年代

分析化学从一门技术发展成为一门独立的科学。

近代分析化学：20世纪30年代末——70年代

开创了仪器分析的新时代——物理方法大发展。

现代分析化学：20世纪70年代末——现代

以计算机应用为主要标志的信息时代的来临，促进了分析化学的发展，也提出了更多的课题和要求。

在确定物质组成和含量的基础上，提供物质更全面的信息。因此，一些新方法和新技术也就应运而生。

常量——微量及微粒分析

组成——形态分析

总体——微区表面分布及逐层分析

宏观组分——微观结构分析

静态——快速反应追踪分析

破坏试样——无损分析

离线（脱线）——在线（过程）分析

21世纪是生命和信息科学的世纪，科技的发展和社会生产发展的需要要求分析化学尽可能快速、全面和准确地提供丰富的信息和有用的数据。

现代分析化学正在把化学与数学、物理学、计算机科学、生物学、精密仪器制造科学等学科结合起来，发展成为一门多学科性的综合性科学。

在工农业生产、科学技术、国防建设等社会主义建设中起着重要作用。

在各学科的科学研究中的作用——科学技术的眼睛。

社会

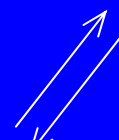
其他科学  
技术领域

社会  
需要

研究  
与  
发展

分析  
问题

分析化学



## 二．分析方法的分类

### 1.按任务分：结构分析

组成分析  $\left\{ \begin{array}{l} \text{定性分析} \\ \text{定量分析} \end{array} \right.$

### 2.按研究对象分：无机分析、有机分析

### 3.按试样用量和操作方法分：

常量分析  $> 0.1 \text{ g}$       半微量分析       $0.01-0.1 \text{ g}$

微量分析  $0.1-10 \text{ mg}$       超微量分析       $< 0.1 \text{ mg}$

## 4.按方法原理分：

化学分析法 { 重量分析法  
滴定分析法(酸碱、络合、沉淀、氧化还原)

仪器分析法 { 光学分析法  
电化学分析法  
色谱分析法

## 特殊命名的方法：

仲裁分析，例行分析，微区分析，表面分析，在线分析.....

### 三 . 本课程特点及要求

通过这门课及分析化学实验课的学习，掌握分析化学的基本原理和测定方法，树立准确量的概念，培养严谨的科学态度，掌握基本实验技能，提高分析问题和解决问题的能力。

#### 要求：

1. 理论与实验结合，做好实验      2：7
2. 与应用结合，做好作业      两周一次
3. 上好习题课      每周一次

教材的特点：将四大平衡集中在一章统一处理

## 参考书

1. 武汉大学主编，分析化学，第三版、第四版，高教出版社
2. 彭崇慧等，定量化学分析简明教程，第二版，北大出版社
3. 陶增宁，定量分析，复旦大学出版社

# 第一章 定量分析概论

## § 1-1 定量分析的过程

我们所遇到的样品千千万万，组成不同，即使分析同样的组分所用方法也不相同，具体步骤自然不同，但是定量分析大体需要进行这样几个步骤：

### 一、取样

制备分析试样关键是取样有代表性，固体试样经粉碎、过筛、缩分，得到少量分析试样，烘干去掉湿存水，保存于干燥器待称量。

### 二、分解

固体试样:溶解{ 酸 加热  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HF}$ , 混合酸  
碱  $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$

熔融{ 酸性  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_7$   
(坩埚) 碱性  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$

### 三、分离（消除干扰）

复杂样品  
分离 { 沉淀分离  
萃取分离  
离子交换  
层析分离

分离的要求 { 被测组分不能损失  
干扰组分少到不干扰

#### 其它消除干扰的方法

掩蔽 { 络合掩蔽法  
氧化还原掩蔽法  
沉淀掩蔽法

## 四、测定

根据样品的组成、待测组分的性质、大致含量、和对分析结果准确度的要求选择合适的分析方法。

手续简单、快速、准确、试剂便宜易得。

分析方法  $\left\{ \begin{array}{l} \text{化学分析法：准确度高，常量组分的测定} \\ \text{仪器分析法：灵敏度高，微量组分的测定} \end{array} \right.$

## 五、数据处理

用数理统计方法处理平行测定的结果，合理取舍实验数据，使结果得到最好的表达。

用相关公式计算结果，分析结果通常用待测组分的含量表示。液体： $\text{mg/L}$ ，气体： $\text{mg/Nm}^3$ ，固体： $\%$

## § 1-2 误差的基本概念

分析的核心是准确的量的概念

凡是测量就有误差，减少测量误差是分析工作的重点之一。

### 一、误差与偏差

#### 1. 误差

绝对误差： $E = x - x_T$ ，当 $n > 2$ 时  $E = \bar{x} - x_T$

有大小、正负（偏高、偏低）

相对误差： $RE = \frac{E}{x_T} \times 100\% = \frac{\bar{x} - x_T}{x_T} \times 100\%$

有大小、正负

# 真值：

## 1. 纯物质的理论值

如纯NaCl中Cl的理论含量：

$$x_T = \frac{A_{r(\text{Cl})}}{M_{r(\text{NaCl})}} = \frac{35.45}{58.44} \times 100\% = 60.66\%$$

## 2. 标准参考物质证书上给出的数值

## 3. 有经验的人用可靠方法多次测定的平均值，确认消除系统误差

建立误差概念的意义：为估计真值

$$x_T = x - E$$

分析天平的称量误差为 0.0001g

则  $x_T = x \pm 0.0001 \text{ g}$

在要求较高的分析测定中常对测量值进行校正  
校正值  $C$

$$x + C = x_T \quad C = -E$$

**例** 测定 $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 试剂中Ba含量，结果(%)分别为56.10, 56.06, 56.09, 56.11, 计算*E*和*RE*。

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{56.10 + 56.06 + 56.09 + 56.11}{4} = 56.09(\%)$$

$$x_T = \frac{A_{r(\text{Ba})}}{M_{r(\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})}} = \frac{137.39}{244.27} = 56.22(\%)$$

$$E = \bar{x} - x_T = 56.09 - 56.22 = -0.13(\%)$$

$$RE = \frac{E}{x_T} \times 100\% = \frac{-0.13}{56.22} \times 100\% = -0.23\%$$

**例** 称无水碳酸钠1.3249g, 溶解后稀释至250mL容量瓶中, 称量后天平零点变至-0.3mg, 已知容量瓶的校正值为-0.10mL, 计算质量和体积的真值。

解：质量

$$E = -0.3 \text{ mg} ,$$

$$x_T = x - E = 1.3249 + 0.0003 = 1.3252 \text{ (g)}$$

体积

$$C = -0.01 \text{ mL}$$

$$x_T = x + C = 250.00 - 0.10 = 249.90 \text{ (mL)}$$

## 2. 偏差

$$d = x - \bar{x}$$

算术平均值

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

中位数  $\tilde{x}$

当测量值的个数为 $n$ 时

$n$ 为奇数：正中间的测量值

$n$ 为偶数：中间两测量值的  
平均值

偏差的表示：

(1) 单次测定偏差

$$d_i = x_i - \bar{x}$$

$$d_1 = x_1 - \bar{x}$$

$$d_2 = x_2 - \bar{x}$$

$$\vdots \quad \quad \quad \vdots$$

$$d_n = x_n - \bar{x}$$

故  $\sum d_i = 0$

(2) 平均偏差

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum |d_i| = \frac{1}{n} \sum |x_i - \bar{x}|$$

(3) 相对平均偏差

$$\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$$

(4) 标准偏差

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

(5) 相对标准偏差

$$S_r = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\%$$

(6) 全距  $R = x_{\max} - x_{\min}$

S是表示偏差的最好方法，数学严格性高，可靠性大，能显示出较大的偏差

<例> 有两组数据，(1) 2.9, 2.9, 3.0, 3.1, 3.1；  
(2) 2.8, 3.0, 3.0, 3.0, 3.2, 分别计算其  $\bar{x}$ ,  $\bar{d}$  和  $S$ 。

解：

$$\begin{aligned} (1) \quad \bar{x} &= 3.0 \\ \bar{d} &= \frac{4}{5} = 0.8 \\ S &= 0.10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad \bar{x} &= 3.0 \\ \bar{d} &= \frac{4}{5} = 0.8 \\ S &= 0.14 \end{aligned}$$

例 用光度法测定某样品中微量铁的含量，四次测定结果(%)分别为0.21, 0.23, 0.24, 0.25，试计算单次测定的平均偏差、相对平均偏差、标准偏差、相对标准偏差及全距。

解：先求平均值

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{0.21 + 0.23 + 0.24 + 0.25}{4} = 0.23 (\%)$$

各次测定的偏差分别为

$$d_1 = 0.21 - 0.23 = -0.02$$

$$d_2 = 0.23 - 0.23 = 0$$

$$d_3 = 0.24 - 0.23 = 0.01$$

$$d_4 = 0.25 - 0.23 = 0.02$$

平均偏差  $\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n |d_i|}{n} = \frac{0.02 + 0.01 + 0.02}{4} = 0.012$

相对平均偏差

$$\bar{d}_r = \frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{0.012}{0.23} \times 100\% = 5.2\%$$

标准偏差

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0.02^2 + 0.01^2 + 0.02^2}{4-1}} = 0.017 (\%)$$

相对标准偏差

$$S_r = \frac{S}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{0.017}{0.23} \times 100\% = 7.4\%$$

全距

$$R = x_{\max} - x_{\min} = 0.25 - 0.21 = 0.04 (\%)$$

## 二. 误差的分类

1. 系统误差：由某种固定原因造成的，使测定结果系统地偏高或偏低。可用校正的方法消除。

性质：(1) 方向性 (2) 可测性

系统误差的来源：

- (1) 仪器误差
- (2) 试剂误差
- (3) 方法误差
- (4) 操作误差

注意：过失或错误绝不能当误差对待

2. 随机误差：由某些不固定的偶然因素造成的，使测定结果在一定范围内波动，大小、正负不定，难以找到原因，无法测量。

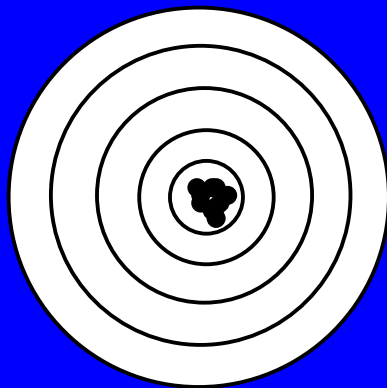
性质：（1）不确定性 （2）不可避免性

从每次测量结果看无规律，但多次测量则符合统计规律

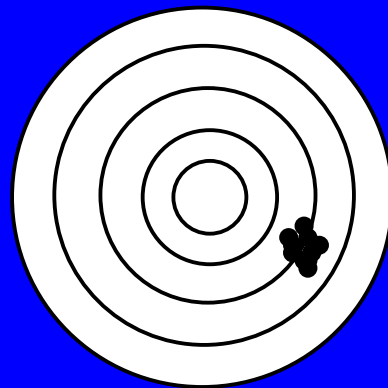
### 三. 准确度与精密度

- 1.准确度：表示测定结果与真值的接近程度，用误差表示。
- 2.精密度：表示几次平行测定结果之间相互接近程度，用偏差表示。

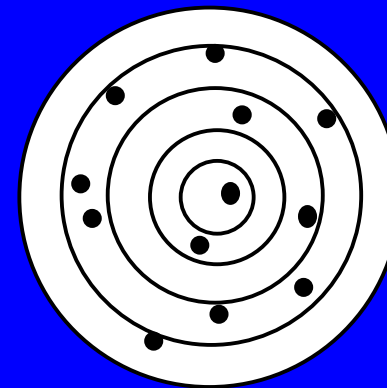
二者关系：



A



B



C

# 结论：

精密度是保证准确度的前提（必要条件）

- 精密度好，准确度不一定好，可能有系统误差存在
- 精密度不好，衡量准确度无意义
- 在确定消除了系统误差的前提下，精密度可表达准确度

常量分析要求误差小于0.1~0.2%



## 四. 提高分析准确度的方法

### 1. 选择合适的分析方法

化学分析法: 准确度高, 常量组分。

仪器分析法: 灵敏度高, 微量组分。

### 2. 减小测量误差

$$\frac{0.0002\text{g}}{0.1\%} = 0.2\text{g}$$

$$\frac{0.02\text{mL}}{0.1\%} = 20\text{mL}$$

### 3. 消除系统误差

仪器校准, 试剂提纯

检查: 空白试验: 检查蒸馏水、试剂、器皿, 不加试样的测定。

对照试验: 判断方法是否有系统误差, 标准样品、其他方法(经典), 不同人、实验室对照。

回收试验: 对试样组成不清时, 在试样中加入已知量的待测组分。

4. 增加平行测定次数 2-4 次

## 五. 误差的传递

测量值为  $A$ 、 $B$ 、 $C$

绝对误差  $dA$ 、 $dB$ 、 $dC$  , 相对误差  $\frac{dA}{A}$ 、 $\frac{dB}{B}$ 、 $\frac{dC}{C}$

结果  $y$  的绝对误差为  $dy$ , 相对误差为  $\frac{dy}{y}$ , 标准偏差为  $S_y$

### 1. 系统误差的传递公式

$$(1) \text{加减法} \quad y = A + B - C \quad dy = dA + dB - dC$$

$$(2) \text{乘除法} \quad y = \frac{AB}{C} \quad \frac{dy}{y} = \frac{dA}{A} + \frac{dB}{B} - \frac{dC}{C}$$

## 2.随机误差的传递公式

(1) 加减法  $y = A + B - C$   $s_y^2 = s_A^2 + s_B^2 + s_C^2$

(2) 乘除法  $y = \frac{AB}{C}$   $\frac{s_y^2}{y^2} = \frac{s_A^2}{A^2} + \frac{s_B^2}{B^2} + \frac{s_C^2}{C^2}$

极值误差  $E_y = |E_A| + |E_B| + |E_C|$

$$\frac{E_y}{y} = \left| \frac{E_A}{A} \right| + \left| \frac{E_B}{B} \right| + \left| \frac{E_C}{C} \right|$$

例 用0.1250 mol/L ( $c_2$ ) HCl标准溶液标定25.00 mL ( $V_1$ ) NaOH溶液的浓度，耗去HCl 20.00 mL ( $V_2$ )，已知移液管量取溶液的标准偏差为 $S_1 = 0.02$  mL，滴定管每次读数的标准偏差为 $S_2 = 0.01$  mL，计算NaOH溶液的浓度。

解：计算NaOH浓度( $c_1$ )的公式为

$$c_1 = \frac{c_2 V_2}{V_1} = \frac{0.1250 \times 20.00}{25.00} = 0.1000 \text{ (mol/L)}$$

移液管体积 $V_1$ 的标准偏差

$$S_{V_1} = S_1 = 0.02$$

滴定管体积 $V_2$ 的标准偏差

$$S_{V_2}^2 = S_2^2 + S_2^2 = 0.01^2 + 0.01^2 = 2 \times 0.01^2$$

以上两项标准偏差传递至计算结果 $c_1$ 的标准偏差为：

$$\frac{S_{c_1}^2}{c_1^2} = \frac{S_{V_1}^2}{V_1^2} + \frac{S_{V_2}^2}{V_2^2} = \frac{0.02^2}{25^2} + \frac{2 \times 0.01^2}{20^2} = 1.14 \times 10^{-6}$$

$$S_{c_1}^2 = c_1^2 \times 1.14 \times 10^{-6} = 0.1000^2 \times 1.14 \times 10^{-6} = 1.14 \times 10^{-8}$$

$$S_{c_1} = 1.1 \times 10^{-4}$$

$$c_1 = 0.1000 \pm 0.0001 \text{ (mol/L)}$$

## 六. 有效数字

用来表示量的多少，同时反映测量准确程度的各数字称为有效数字。

分析天平称0.5684g样品，  
    { 样品重0.5684g,量的大小。  
    { 4是不确定的,准确程度。

1. 确定有效数字的原则：

- ◆ 最后结果只保留一位不确定的数字
- ◆ 0-9都是有效数字，但0作为定小数点位置时则不是

0.0053(二位) 0.5300(四位) 0.0503(三位) 0.5030(四位)

- ◆ 首位数字是8、9时，可按多一位处理

◆不能因改变单位而改变有效数字的位数

$$2.3\text{L}=2.3\times 10^3\text{mL}, \quad 20.3\text{L}=2.03\times 10^4\text{mL}$$

$$1.0\text{mL}=0.0010\text{L}$$

◆常数、系数等自然数的有效数字位数可认为没有限制

$\pi$ 、 $e$

◆对数的有效数字位数由尾数决定

$$\text{pH}=10.34(\text{二位})$$

$$\text{pH}=0.03(\text{二位})$$

$$\text{pM}=5.00(\text{二位})$$

$$[\text{M}]=1.0\times 10^{-5}$$

## 2. 修约规则

(1)四舍六入五成双 凡5后还有数的一律进

0.10574, 0.10575, 0.10576, 0.10585, 0.105851

0.1057, 0.1058, 0.1058, 0.1058, 0.1059

(2)一次修约

13.4748保留四位有效数字应为13.47

平均值的有效数字位数通常与测量值同，当n大且精密度好，可多保留一位；当精密度不好时，应舍到平均值标准偏差能影响到的那一位。

56.09, 56.33

$\bar{x} = 56.21$       $S = 0.17$

$\bar{x} = 56.2$

### 3. 运算规则

(1) 加减法：以小数点后位数最少的数字为准(即绝对误差最大的为准)

$$529.78$$

$$5.2$$

$$\underline{24.537}$$

$$559.517$$

$$???$$

(2) 乘除法：以有效位数最少的数字为准(即相对误差最大的为准)

$$0.1056 \times 7.36 \times 159.7$$

$$\underline{\hspace{1.5cm}} = 0.2417 = 0.242$$

$$0.2568 \times 2 \times 1000$$

利用计算器进行运算时，运算前也可不修约，运算后再修约。

有效数字的要求：

(1) 计算结果

$w \geq 10\%$ ，保留四位有效数字

$1 < w < 10\%$ ，保留三位有效数字

(2) 标准溶液浓度：四位有效数字

(3) 各种误差、偏差保留1~2位有效数字

## § 1-3 滴定分析概述

### 一. 滴定分析法的基本概念



- 特点**
- (1) 准确度高 (误差 $<0.1\%$ )
  - (2) 适于常量分析
  - (3) 操作简便、快速、费用低

**滴定**：滴定剂从滴定管加到待测溶液的过程。

**滴定剂**：已知准确浓度的试剂。

**化学计量点**：待测组分与滴定剂按滴定反应方程式的  
化学计量关系反应完全时的那一点。

**滴定终点**：指示剂发生颜色变化的转变点。

**终点误差**：由终点与化学计量点不一致所引起的误差。

## 二. 滴定分析的类型

按化学反应类型分为四类:

1. 酸碱滴定法: 测各类酸碱的酸碱度和酸碱的含量。
2. 络合滴定法: 测金属离子的含量。
3. 氧化还原滴定法: 测具有氧化还原性的物质。
4. 沉淀滴定法: 测卤素和银。

## 三. 滴定分析对反应的要求

1. 反应定量进行 反应进行的程度达 99.9% 以上
2. 反应速度快
3. 有适当的指示剂

## 四、标准溶液与基准物质

1.标准溶液:已知准确浓度的溶液。直接配制或用基准物质标定。

浓度表示:物质的量浓度,用  $c$  表示,单位 mol/L。

滴定度: 1mL 滴定剂相当于被测物质的质量(克)。

用  $T$  表示,单位 g/mL。



$T$  与  $c$  的关系为 
$$T = \frac{\frac{x}{t} c_T M_X}{1000}$$

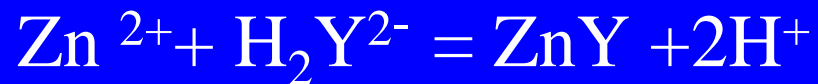
2.基准物质:能直接配制或用来标定标准溶液的物质。

- 要求
- |             |          |
|-------------|----------|
| (1)组成与化学式相符 | (2)纯度高   |
| (3)稳定       | (4)摩尔质量大 |

## 五、滴定方式

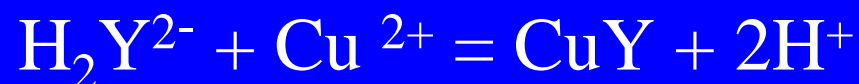
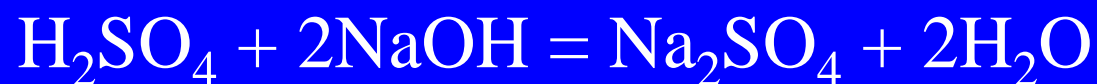
### 1. 直接滴定法

凡满足滴定反应三点要求的



## 2. 返滴定法

反应速度慢或样品是固体，气体

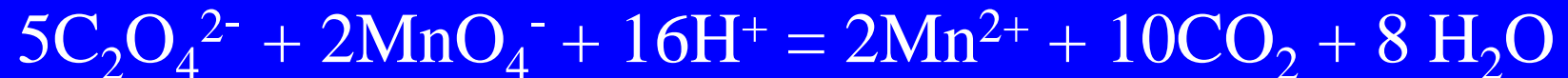
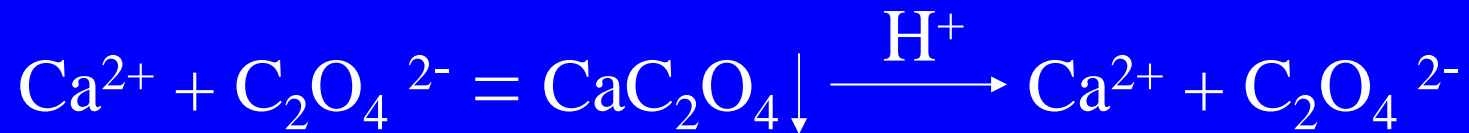


### 3. 置换滴定法

有些氧化反应不是定量进行或没有合适指示剂



### 4. 间接滴定法 不能与滴定剂发生反应的物质



## § 1-4 分析化学中的法定计量单位

### 一. 分析化学中常用物理量和单位

物理量		单 位	
名称	符号	名称	符号
体积	$V$	立方米(升)	$\text{m}^3$ (L)
质量	$m$	千克	kg
物质的量	$n$	摩尔	mol
摩尔质量	$M$	千克每摩尔	kg/mol
物质的量浓度	$c$	摩尔每立方米 (摩尔每升)	$\text{mol}/\text{m}^3$ (mol/L)
质量分数	$w$		

## 1. 物质的量

物质 B 的物质的量  $n_B = \frac{1}{L} N_B$

$N_B$  : 系统中单元 B 的数目,  $L$  : 阿佛加德罗常数  
单元(基本单元): 可以是分子、原子、离子、电子及其他粒子或是这些粒子的特定组合。

特定组合可以是已知客观存在的, 也可以是根据需要拟定存在的独立单元或非整数粒子的组合。

如 H, H<sub>2</sub>,  $\frac{1}{2}$ H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,  $\frac{1}{5}$ KMnO<sub>4</sub>,

分别记为  $n(\text{H})$ ,  $n(\text{H}_2)$ ,  $n(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4)$ ,  $n(\frac{1}{5}\text{KMnO}_4)$ 。

$$n(b\text{B}) = \frac{1}{b} n(\text{B})$$

2. 摩尔质量  $M = \frac{m}{n}$       单位 g/mol

3. 物质的量浓度  $c_B = \frac{n_B}{V}$       单位 mol/L

若  $c(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.1 \text{ mol/L}$

则  $c(\frac{1}{2}\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.2 \text{ mol/L}$

故  $c(b\text{B}) = \frac{1}{b}c(\text{B})$

## 二 . 滴定分析的计算

### 1 . 按化学计量关系



$$\frac{n_X}{x} = \frac{n_T}{t}$$

$$n_X = \frac{x}{t} n_T$$

$$c_X V_X = \frac{x}{t} c_T V_T$$

## 2. 等物质的量反应规则



选 $xX$ 、 $tT$ 、 $pP$ 、 $qQ$ 这些特定组合为基本单元

则  $n(xX) = n(tT) = n(pP) = n(qQ)$

$$\frac{1}{x}n_x = \frac{1}{t}n_t$$

$$\frac{1}{x}c_x V_x = \frac{1}{t}c_t V_t$$

$$c_x V_x = \frac{x}{t}c_t V_t$$

### 3. 含量计算

待测组分的含量用质量分数  $w$  表示

$$w_X = \frac{m_X}{m_S} \times 100\%$$

$$m_X = n_X M_X = \frac{x}{t} n_T M_X = \frac{x}{t} c_T V_T M_X$$

$$w_X = \frac{\frac{x}{t} c_T V_T M_X}{m_S} \times 100\%$$

例 称无水  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1.2587 g 溶于 250 mL 容量瓶中，取 25 mL 用 HCl 滴定，消耗 23.63 mL。计算 HCl 浓度。

解：  $2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

$$n_{\text{HCl}} = 2n_{\text{Na}_2\text{CO}_3}$$

$$\frac{c_{\text{HCl}} V_{\text{HCl}}}{1000} = 2 \frac{m}{M} \times \frac{25}{250}$$

$$c_{\text{HCl}} = \frac{2 \times 1.2587 \times \frac{25}{250} \times 1000}{106.0 \times 23.63} = 0.1005 \text{ mol/L}$$

例 称 1.000 g 铁矿溶解后还原为  $\text{Fe}^{2+}$  , 在  $\text{H}_2\text{SO}_4$  介质中用 0.02158 mol/L  $\text{KMnO}_4$  滴定 消耗 20.64 ml 求  $w_{\text{Fe}}$  ,  $w_{\text{Fe}_2\text{O}_3}$  。

解：  $5\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightleftharpoons 5\text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

$$n(5\text{Fe}^{2+}) = n(\text{MnO}_4^-)$$

$$\frac{1}{5}n(\text{Fe}^{2+}) = n(\text{MnO}_4^-) = c(\text{MnO}_4^-)V_{\text{MnO}_4^-}$$

$$w(\text{Fe}) = \frac{5c(\text{MnO}_4^-)V_{\text{MnO}_4^-}M(\text{Fe})}{m_s} \times 100\%$$

$$= \frac{5 \times 0.02158 \times 20.64 \times 55.85}{1 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 12.44\%$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{1}{2} n(\text{Fe}) = \frac{5}{2} n(\text{MnO}_4^-)$$

$$w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = \frac{\frac{5}{2} c(\text{MnO}_4^-) \cdot V_{\text{MnO}_4^-} \cdot M(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{m_s} \times 100\%$$

$$= \frac{\frac{5}{2} \times 0.02158 \times 20.64 \times 159.69}{1 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 17.78\%$$

