

# Chapter 5

## Redox titration

### (Oxidimetry)

#### *Lecture 2*

*Lectrued by Shouguo Wu*

## 五、氧化还原滴定原理

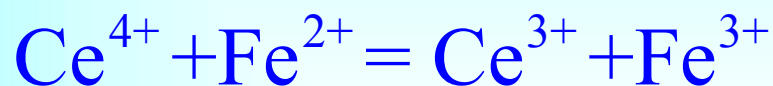
### Principle of redox titration

- 1 氧化还原滴定曲线 titration curve
- 2 影响滴定突跃的因素 titration jump
- 3 滴定终点的确定 indication of end point
- 4 终点误差的计算 titration error

# 1 氧化还原滴定曲线 titration curve

以 $\text{Ce}^{4+}$ 滴定 $\text{Fe}^{2+}$ 为例(均为 $0.1000\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )：

$$E^{0'}_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1.44 \text{ V}, \quad E^{0'}_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0.68 \text{ V} \quad (1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \text{H}_2\text{SO}_4)$$



滴定过程中，平衡时： $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = E_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = E$

滴定前， $\text{Fe}^{3+}$ 未知，很难计算

**sp前**， $\text{Ce}^{4+}$ 未知，按 $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ 电对计算

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = E^{0'}_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} + \log \frac{c_{\text{Fe}^{3+}}}{c_{\text{Fe}^{2+}}}$$

计量点时，

$$E_{sp} = \frac{E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^{0'} + E_{Ce^{4+}/Ce^{3+}}^{0'}}{2}$$
$$= \frac{0.68 + 1.44}{2} = 1.06 \text{ V}$$

sp后，Fe<sup>2+</sup>未知，按Ce<sup>4+</sup>/Ce<sup>3+</sup>电对计算

$$E_{Ce^{4+}/Ce^{3+}} = E_{Ce^{4+}/Ce^{3+}}^{0'} + \log \frac{C_{Ce^{4+}}}{C_{Ce^{3+}}}$$

计算通式(对称电对)

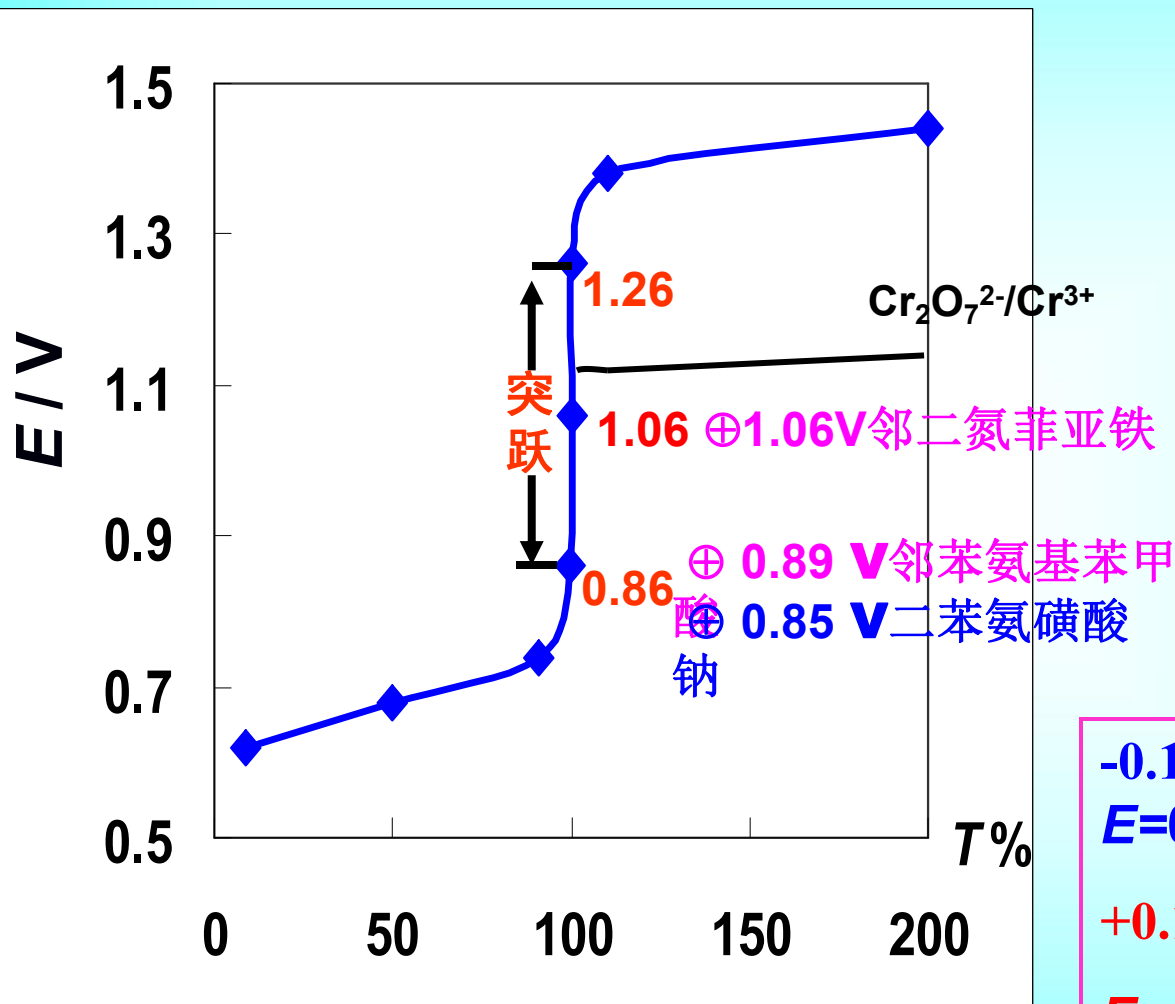
$$E_{sp} = \frac{n_1 E_1^{0'} + n_2 E_2^{0'}}{n_1 + n_2}$$

$$\lg K' = \frac{(E_1^{0'} - E_2^{0'})p}{0.059}$$

## Ce<sup>4+</sup>滴定20mlFe<sup>2+</sup> (0.1000mol·L<sup>-1</sup>)计算结果

加入Ce <sup>4+</sup> 体积 (V/ml)	滴定分数 (f/%)	体系电极电位 (E/V)
1.00	5.00	0.60
10.00	50.00	0.68
18.00	90.00	0.74
19.80	99.00	0.80
19.98	99.90	0.86
20.00	100.0	1.06
20.02	100.1	1.26
22.00	110.0	1.32
30.00	150.0	1.42
40.00	200.0	1.44

# Ce<sup>4+</sup>滴定Fe<sup>2+</sup>的滴定曲线



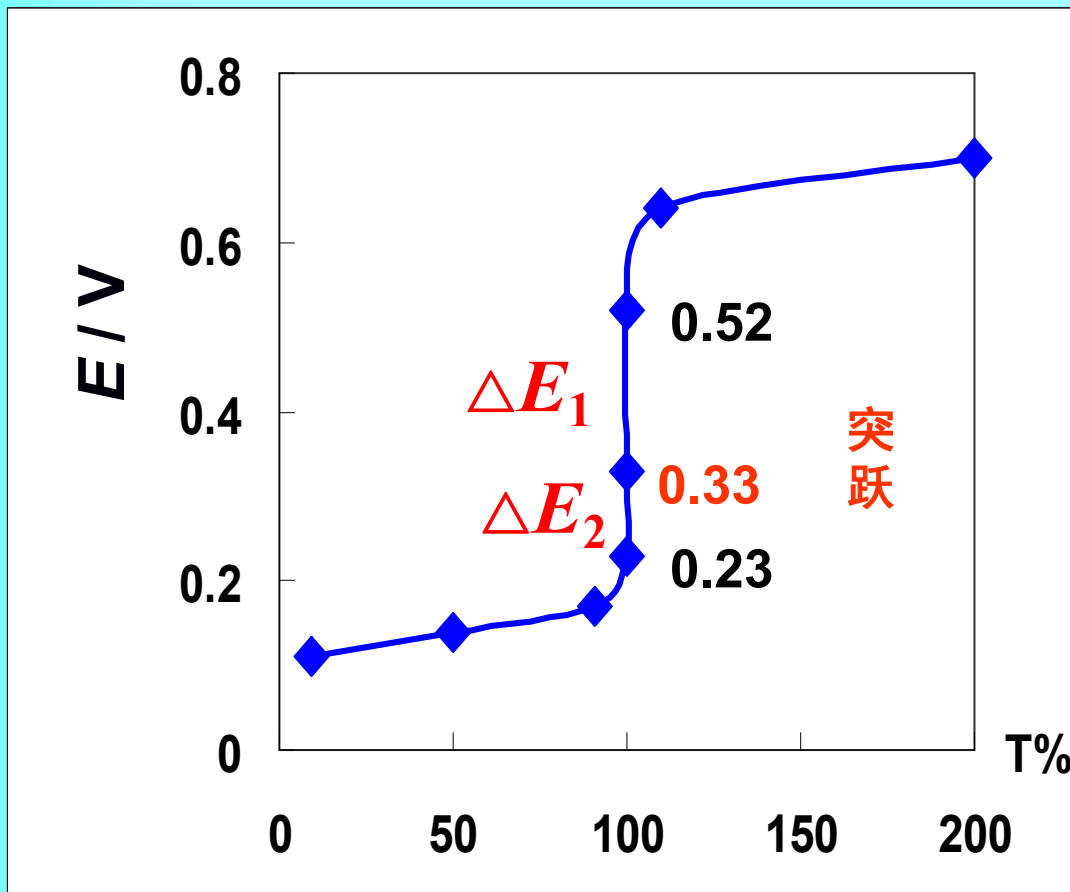
$$E^{0'}_{\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}} = 1.44 \text{ V}$$

$$E^{0'}_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0.68 \text{ V}$$

-0.1%时,  
 $E = 0.68 + 0.059 \lg 10^3 = 0.86$

+0.1%时,  
 $E = 1.44 + 0.059 \lg 10^{-3} = 1.26$

# Fe<sup>3+</sup> 滴定 Sn<sup>2+</sup>



指示剂: SCN<sup>-</sup>  
生成红色  
Fe(SCN)<sup>2+</sup>

$$\Delta E_1 : \Delta E_2$$

$$= n_2 : n_1 = 2 : 1$$

$E_{sp}$  偏向  $n$  大的  
电对一方。

-0.1%  $E = 0.14 + (0.059/2) \times 3 = 0.23$

sp:  $E = (0.14 \times 2 + 0.70) / (2 + 1) = 0.33$

+0.1%  $E = 0.70 + 0.059 \times (-3) = 0.52$

影响突跃大小的因素?

## 2 影响滴定突跃的因素

### Titration jump and influencing factors

滴定剂为氧化剂 $O_T$ ，被滴定物为还原剂 $R_X$ 。

$$\text{-0.1\%时体系电位: } E_{R_X} = E_{R_X}^{0'} + \frac{0.059}{n_X} \lg \frac{0.999}{0.001}$$

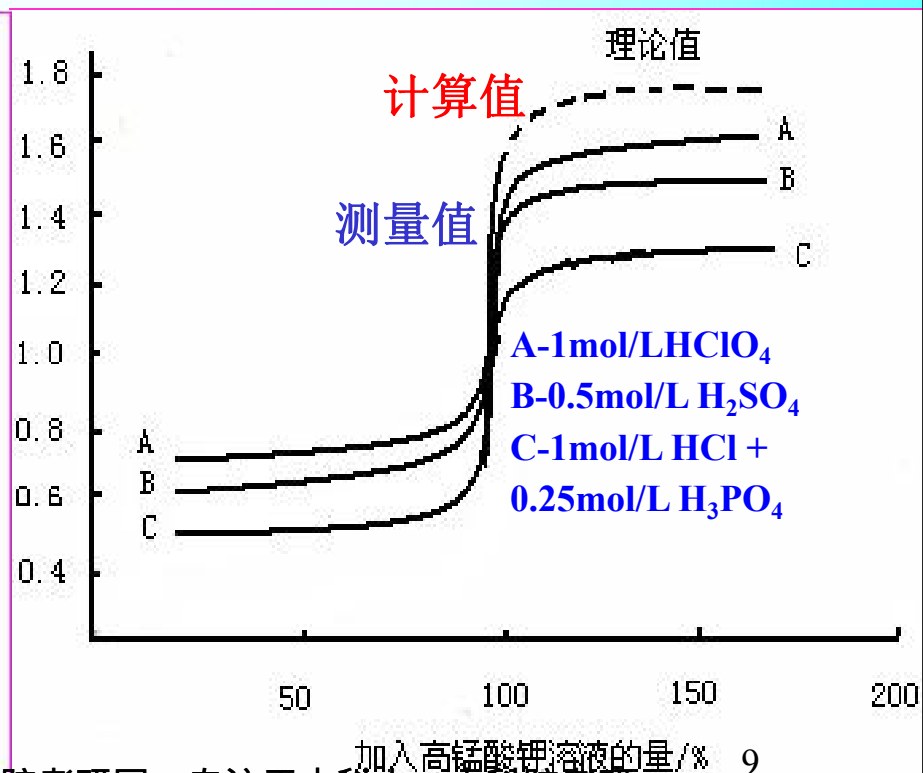
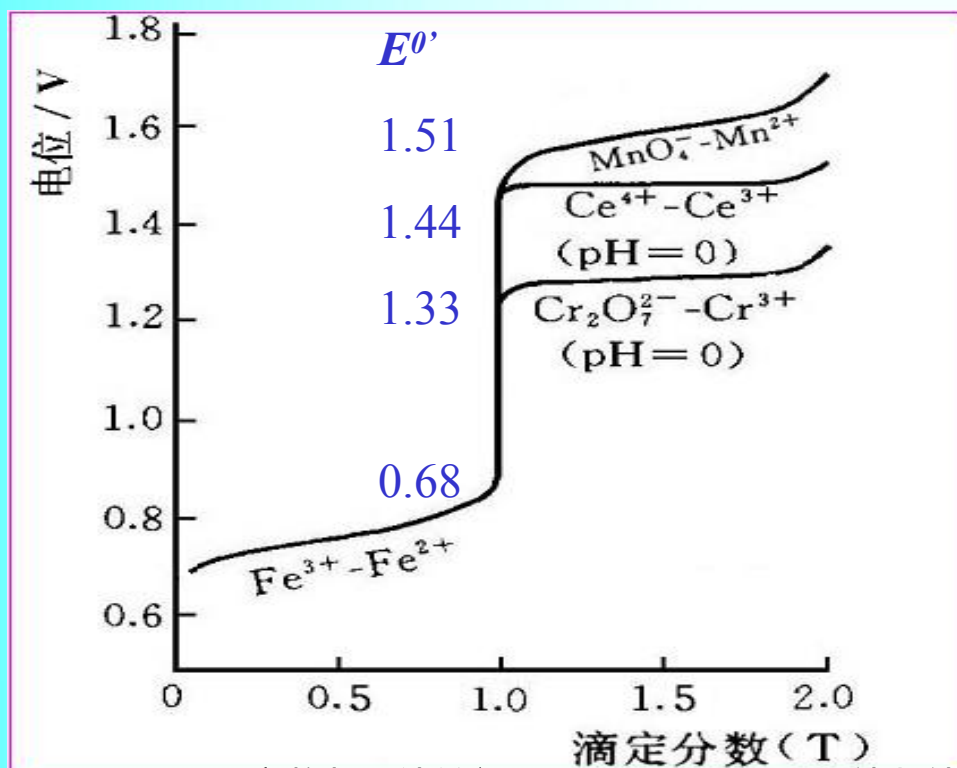
$$\text{+0.1\%时体系电位: } E_{O_T} = E_{O_T}^{0'} + \frac{0.059}{n_T} \lg \frac{0.001}{1}$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= \left( E_{O_T}^{0'} + \frac{0.059}{n_T} \lg (10^3) \right) - \left( E_{R_X}^{0'} + \frac{0.059}{n_X} \lg (10^{-3}) \right) \\ &= \Delta E^{0'} + \frac{(n_T + n_X) 0.059 \times 3}{n_T n_X} \end{aligned}$$



## 影响突跃大小的因素

- 1 氧化剂和还原剂两电对 $\Delta E^{\circ'}$ 差值大，滴定突跃就大；
- 2 滴定突跃的大小与氧化剂和还原剂的浓度无关；
- 3 与电对的可逆性有关，**电对可逆**，滴定突跃大；
- 4 与滴定介质有关。



### 3 滴定终点的确定 Indication of end point

$$E_{ep} = E^{0'}_{\text{In(O)}/\text{In(R)}}$$

#### 几种常见指示剂

#### 颜色变化

指示剂	$E^{0'} ([\text{H}^+] = 1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	还原态	氧化态
亚甲基蓝	0.52	无色	天蓝色
二苯胺	0.76	无色	紫红色
二苯胺磺酸钠	0.85	无色	紫红色
邻苯氨基苯甲酸	0.89	无色	紫红色
邻二氮菲亚铁	1.06	红色	浅蓝色
硝基邻二氮菲亚铁	1.25	紫红色	浅蓝色

## 4 终点误差计算 ( $O_T$ 滴定 $R_X$ )

### Calculation of titration error

$$O_T + n_T e = R_T \quad O_X + n_X e = R_X$$

$$n_X O_T + n_T R_X = n_X R_T + n_T O_X$$

$$E_t = \frac{\Delta c_X}{c_X^{sp}} \times 100\% = \frac{\frac{n_T}{n_X} \Delta c_T}{c_X^{sp}} \times 100\%$$

$$= \frac{n_T \left( [O_T]_{ep} - \frac{n_X}{n_T} [R_X]_{ep} \right)}{n_X c_X^{sp}} \times 100\%$$

$$= \frac{n_T [O_T]_{ep} - n_X [R_X]_{ep}}{n_X c_X^{sp}} \times 100\%$$

## ( $R_T$ 滴定 $O_X$ )

$$O_T + n_T e = R_T \quad O_X + n_X e = R_X$$

$$n_X R_T + n_T O_X = n_X O_T + n_T R_X$$

$$E_t = \frac{\Delta c_X}{c_X^{sp}} \times 100\% = \frac{\frac{n_T}{n_X} \Delta c_T}{c_X^{sp}} \times 100\%$$

$$= \frac{n_T \left( [R_T]_{ep} - \frac{n_X}{n_T} [O_X]_{ep} \right)}{n_X c_X^{sp}} \times 100\%$$

$$= \frac{n_T [R_T]_{ep} - n_X [O_X]_{ep}}{n_X c_X^{sp}} \times 100\%$$

$$O_T + n_T e = R_T \quad E = E_T^{0'} + \frac{0.059}{n_T} \lg \frac{[O_T]}{[R_T]}$$

$$O_X + n_X e = R_X \quad E = E_X^{0'} + \frac{0.059}{n_X} \lg \frac{[O_X]}{[R_X]}$$

终点时， $E_{ep} = E_{In}^{0'}$

$$\begin{aligned} E_{ep} &= E_T^{0'} + \frac{0.059}{n_T} \lg \frac{[O_T]_{ep}}{[R_T]_{ep}} = E_T^{0'} + \frac{0.059}{n_T} \lg \frac{[O_T]_{ep}}{\frac{n_X}{n_T} c_X^{sp}} \\ &= E_X^{0'} + \frac{0.059}{n_X} \lg \frac{[O_X]_{ep}}{[R_X]_{ep}} = E_X^{0'} + \frac{0.059}{n_X} \lg \frac{c_X^{sp}}{[R_X]_{ep}} \end{aligned}$$

### 例5-10, 5-11 (p153)

## 林邦公式

$$n_T = n_X$$

$$E_t = \frac{10^{\Delta E / 0.059} - 10^{-\Delta E / 0.059}}{10^{\Delta E^{0'} / 2 \times 0.059}} \times 100\%$$

$$n_T \neq n_X$$

$$E_t = \frac{10^{n_T \Delta E / 0.059} - 10^{-n_X \Delta E / 0.059}}{10^{n_T n_X \Delta E^{0'} / (n_T + n_X) 0.059}} \times 100\%$$

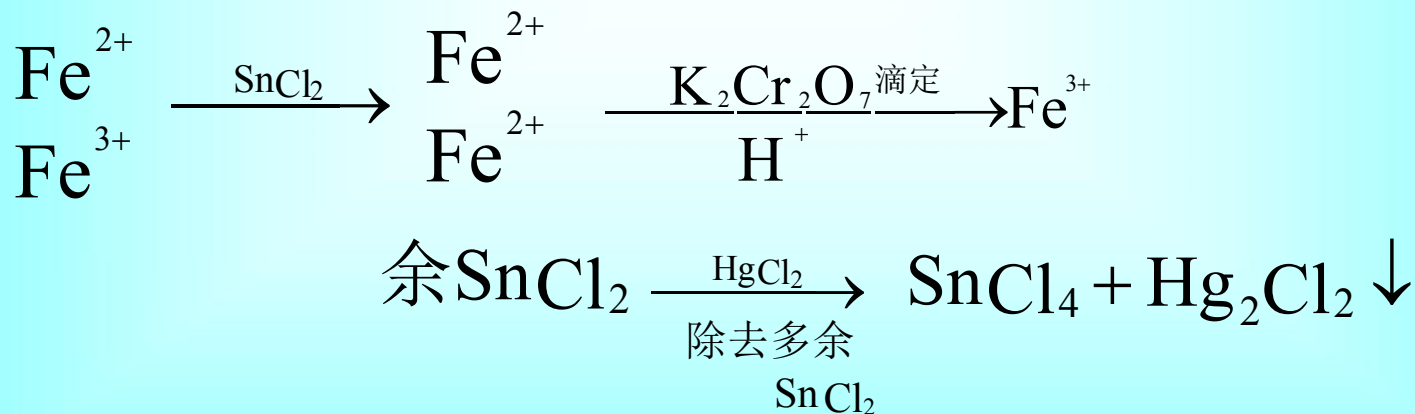
## 六、滴定前的预处理 pretreatment

1、**预处理**：氧化还原滴定前使待测组分转变成指定价态的步骤，称为预处理。

2、**原因**：待测组分存在的价态不同。

例：测铁矿石中铁的含量：

样品中有



3、预处理的方法：

{	预先氧化	预氧化剂
	预先还原	预还原剂

4、预氧化剂或预还原剂具备的条件：

- (1) 反应进行完全、速率较快。
- (2) 应有一定的选择性。
- (3) 过量的预氧化剂或预还原剂应易于除去。

例、用Zn： $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\theta} = -0.76\text{V}$

则电位比 $-0.76\text{V}$ 高的金属离子都被还原，  
所以用Zn的选择性差。

而  $\text{SnCl}_2$ ： $E_{\text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+}}^{0'} = 0.14\text{V}$  选择性高。



## 一些常用的预氧化剂和预还原剂

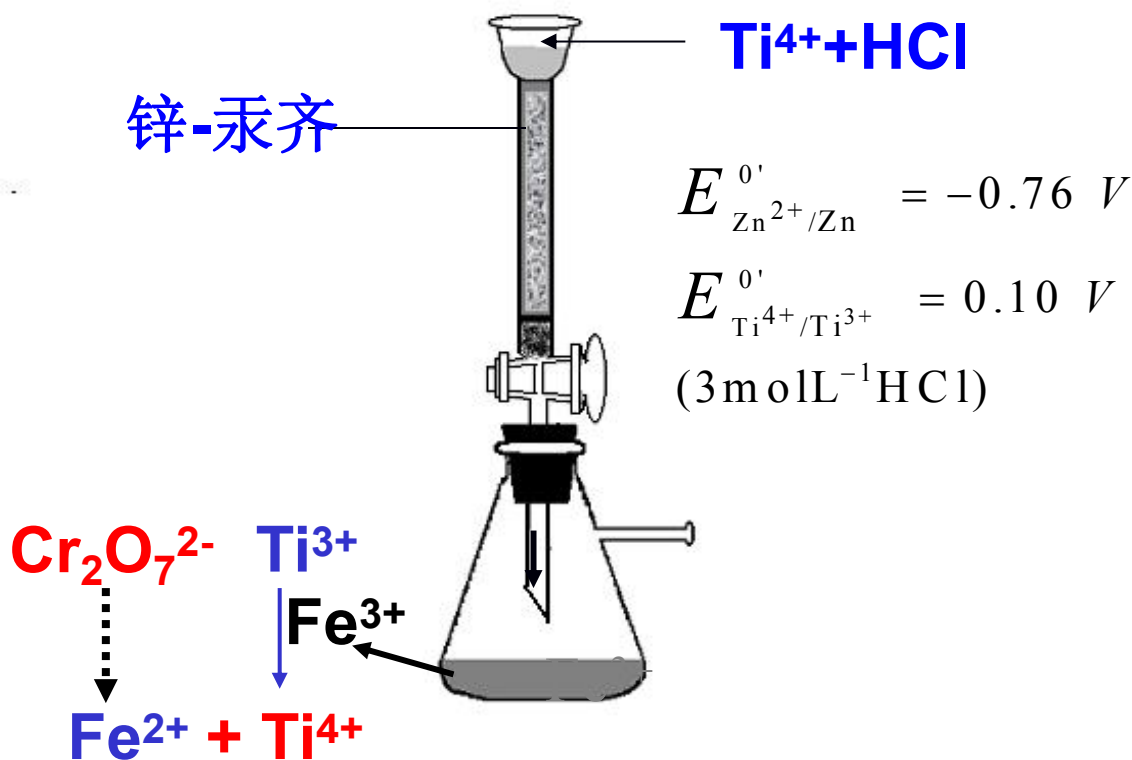
除去过量预处理试剂的方法：

a、过滤； b、加热分解； c、利用化学反应。

重要的预还原技术：

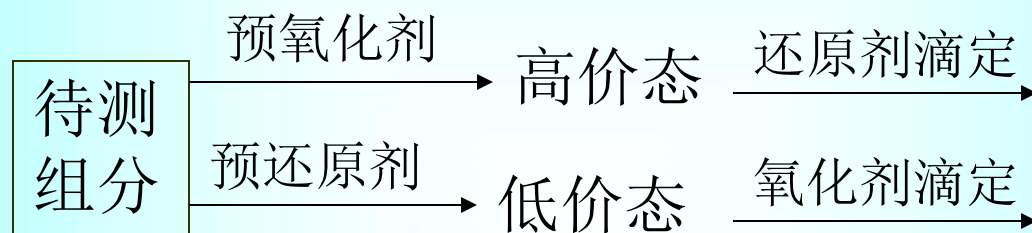
- 颗粒状的金属还原剂  
锌汞齐

### Jones还原器



综上所述：**氧化还原滴定的一般步骤是：**

- 1、溶解样品
- 2、将待测组分转变成指定的价态



- 3、除去过量的预氧化剂或预还原剂
- 4、滴定

## 七、常用氧化还原滴定法

### Common used titration methods

- 要求：高锰酸钾法、重铬酸钾法、碘量法

#### 特点、反应条件、实际应用

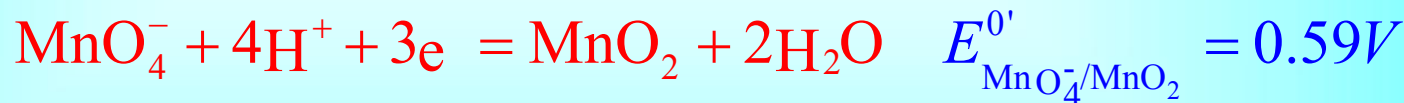
- (一) 高锰酸钾法 **Permanganate titration**

(A) 概述 brief introduction

#### ★ 1、电极反应



弱酸、中性、弱碱



## ✦ 2、反应条件：强酸，用 $\text{H}_2\text{SO}_4$

### (1) 一般要在强酸性介质中

弱酸、中性或碱性溶液中会生成 $\text{MnO}_2$ 沉淀(褐色)，或生成绿色的 $\text{MnO}_4^{2-}$ ，妨碍终点的观察，所以要在强酸性介质中。

### ((2))用 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 调节酸度

因为 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 的氧化性和还原性都很弱。若用 $\text{HCl}$ ，则 $\text{Cl}^-$ 具有还原性，能与 $\text{MnO}_4^-$ 作用； $\text{HNO}_3$ 具有氧化性，可能氧化某些被滴定的物质，所以用 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 调节酸度。

- ## ✦ 3、特点
- 优点：(1) 应用广泛；  
(2) 不需要加指示剂。
- 缺点：(1) 溶液不稳定；  
(2) 干扰较严重。

## (B) 应用示例

### ★ 1、直接滴定法 **direct titration**

测定对象：许多还原性物质

例： $\text{H}_2\text{O}_2(\rightarrow \text{O}_2)$   $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_2^-$  ( $\text{NO}_3^-$ ) 等。

### ★ 2、返滴定法 **back titration**

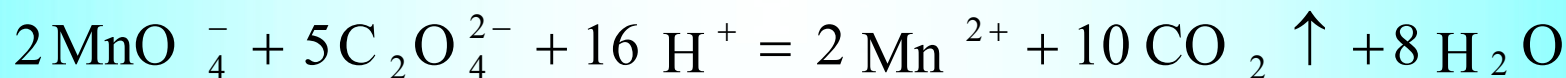
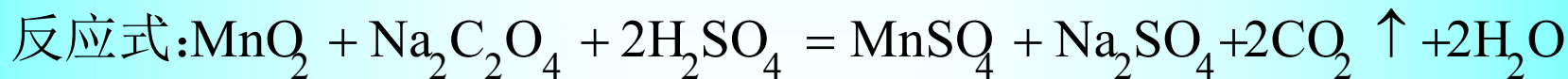
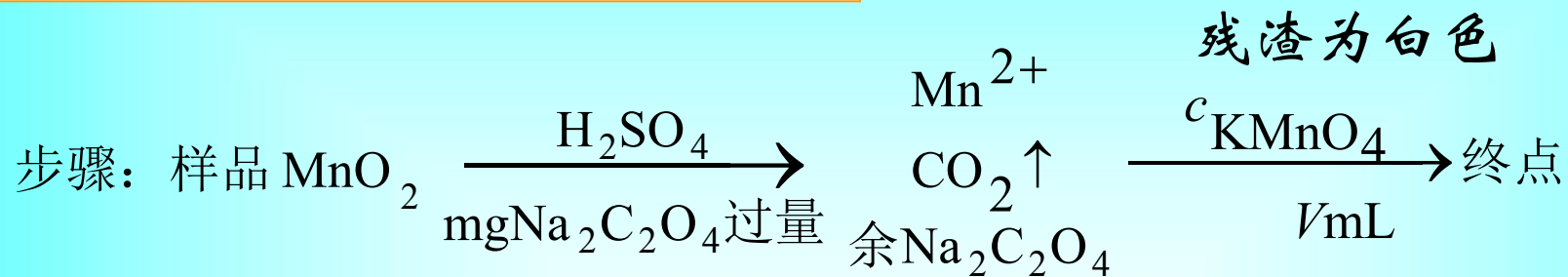
测定对象：许多氧化性物质

例： $\text{MnO}_2$   $\text{PbO}_2$

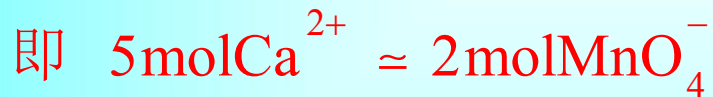
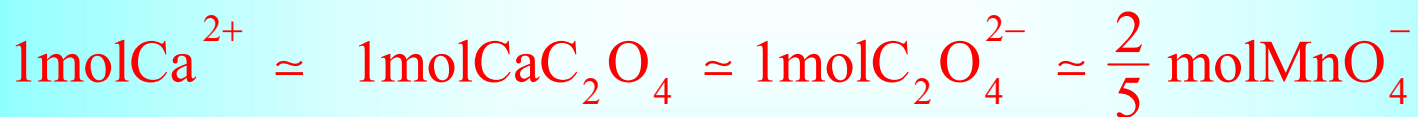
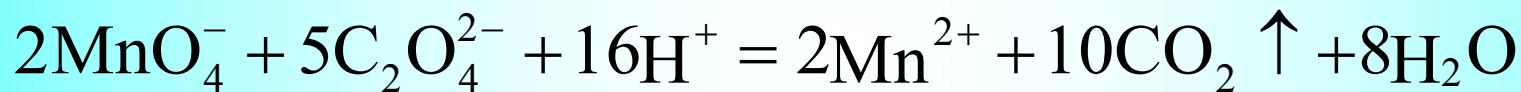
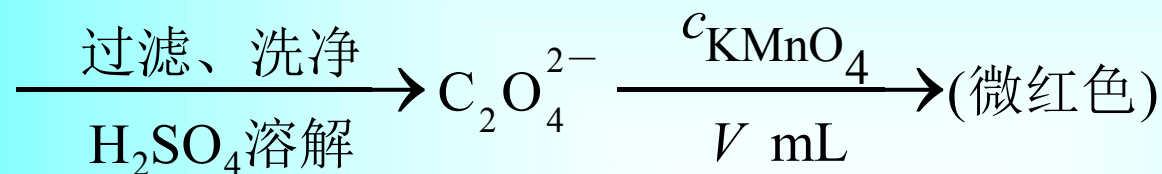
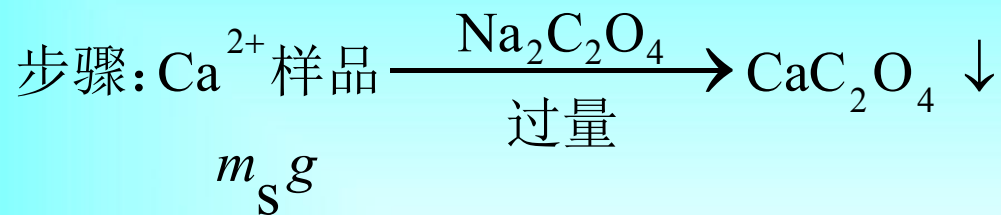
### ★ 3、间接滴定法 **indirect titration**

测定对象：非氧化性或还原性物质

例： $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Th}^{4+}$ 和稀有金属、有机物

测软锰矿中  $\text{MnO}_2$  的含量：

$$\text{MnO}_2 \% = \frac{\left( \frac{m_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{M_{\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4}} - \frac{5}{2 \times 1000} c_{\text{KMnO}_4} V_{\text{KMnO}_4} \right) M_{\text{MnO}_2}}{m_s} \times 100$$

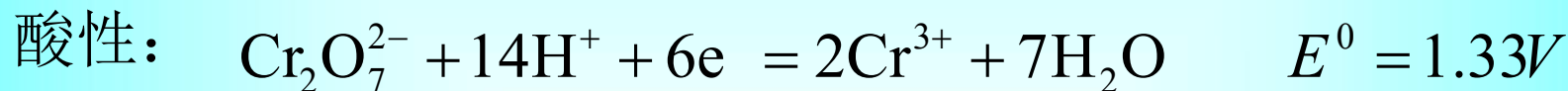
测  $\text{Ca}^{2+}$  :

$$\text{Ca}\% = \frac{\frac{5}{2} c_{\text{KMnO}_4} V_{\text{KMnO}_4} \times M_{\text{Ca}}}{m_s \times 1000} \times 100$$

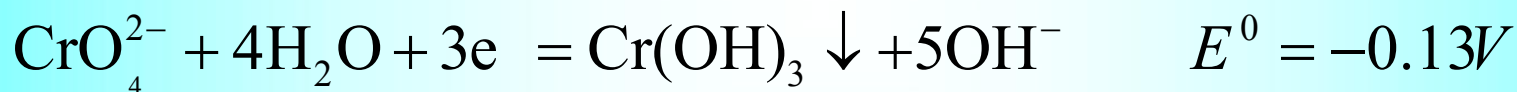
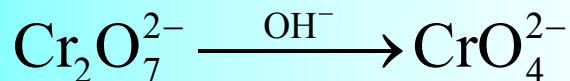
## (二) 重铬酸钾法 Dichromate titration

### (A) 概述 brief introduction

#### ✦ 1、电极反应



碱性介质中：



所以，滴定条件为酸性介质。

#### ✦ 2、特点（与 $\text{KMnO}_4$ 比较）

◆ 3、常用指示剂：二苯胺磺酸钠  $E_{\text{In}}^{0'} = 0.85\text{V}$ ，紫(O)–无(R)

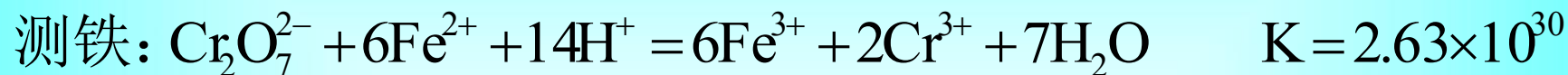
或邻苯氨基苯甲酸  $E_{\text{In}}^{0'} = 1.08\text{V}$ ，紫(O)–无(R)



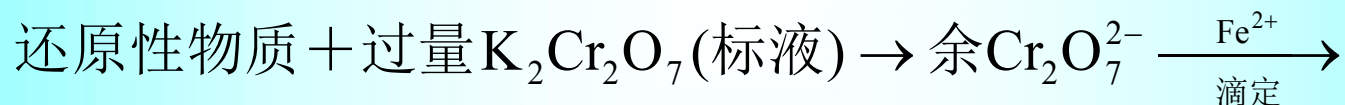
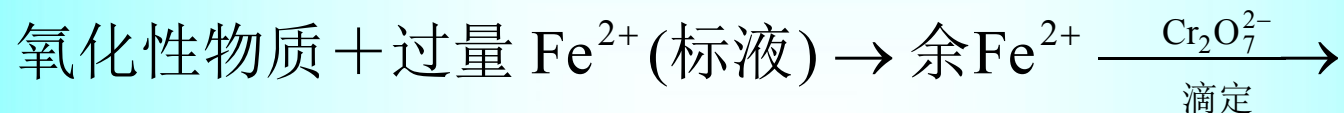
	<b><math>\text{KMnO}_4</math></b>	<b><math>\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7</math></b>
<b>纯度</b>	不高（含有杂质）	易提纯
<b>配制标液</b>	间接配制法	直接配制法
<b>标液的稳定性</b>	不稳定（定期标定）	稳定（长期保存）
<b><math>E^0</math>(酸性)</b>	1.51V	1.33V
<b>1 M HCl 中 <math>E^0 \text{Cl}_2/\text{Cl}^-</math> =1.33v</b>	与Cl <sup>-</sup> 反应 (HCl不能作介质)	与Cl <sup>-</sup> 不反应（因为 $E^0 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}=1.00\text{V}$ ） (室温下，HCl介质)

## ✦ 4、应用

### (1) 主要应用

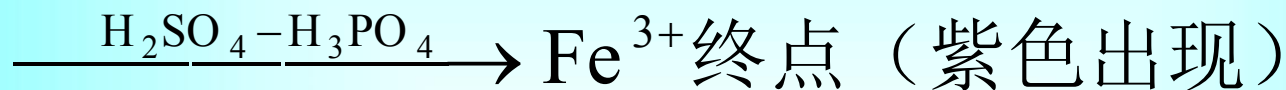
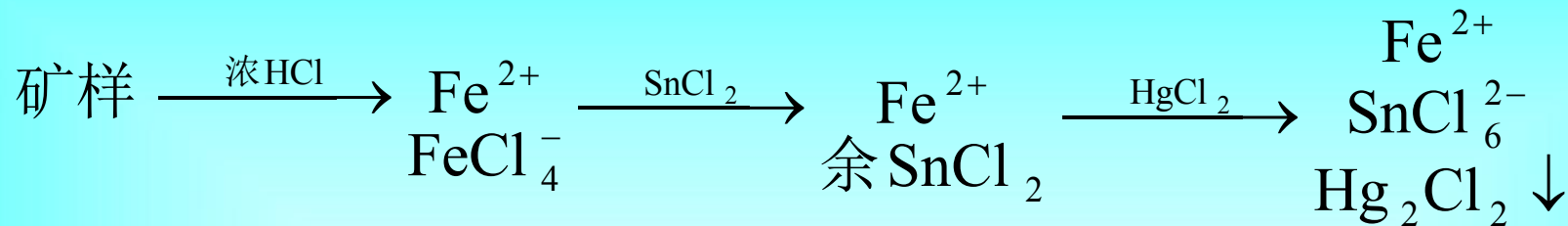


### (2) 其它应用



## ● (B) 应用示例

- ✦ 1、铁矿石中全铁含量的测定
- ✦ 2、化学需氧量COD的测定
- ✦ 3、试样中有机物的测定



二苯胺磺酸钠  
K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 滴定

加H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>的作用：

(1)有足够的酸度；

(2)利于终点观察  $\left\{ \text{Fe}^{3+} \text{ (黄)} \xrightarrow{\text{H}_3\text{PO}_4} \text{Fe}(\text{HPO}_4)_2^- \text{ (无色)} \right\}$

(3)减少终点误差（因指示剂变色过早而引起的）。

$$E_{\text{In}}^{o'} = 0.85V \quad \text{变色范围: } E_{\text{In}} = 0.85 \pm \frac{0.059}{2} = 0.82 \sim 0.88V$$

介质	化学计量点前0.1%的 $E$ $E = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^{0'} + 3 \times 0.059$	误差
1mol/L HCl 中 $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^{0'} = 0.70V$	0.877V	>0.1%
0.5MH <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> -1MH <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^{0'} = 0.61V$	0.787V	<0.1%

∴加入H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>使Fe<sup>3+</sup>生成无色稳定的[Fe(HPO<sub>4</sub>)]<sup>+</sup>，降低了Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup>电对的电位，使突跃范围增大，Fe<sup>2+</sup>被滴定的更完全。



⇒突跃增大 ⇒ 使 $E_{\text{In}}^{0'}$ 落在突跃范围内。

化学需  
氧量  
COD

**定义：**是指一定体积的水体中能被强氧化剂氧化的还原性物质的量。

**表示：**用氧化这些还原性物质所需消耗 $O_2$ 的量  
( $mg \cdot L^{-1}$ )

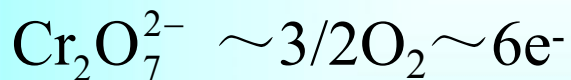
**步骤：**

$V$  mL 水样 + 强酸  
+ ( $cV$ ) 重铬酸钾

$Ag_2SO_4$   
加热

余重铬  
酸钾

$cV Fe^{2+}$

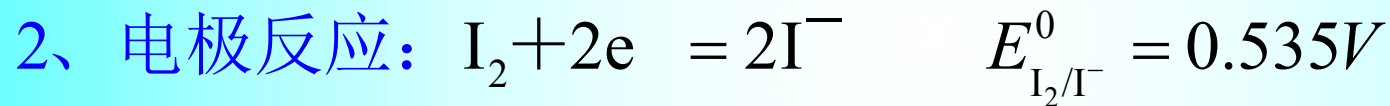


### (三) 碘量法 Iodometry

#### (A) 概述 brief introduction

##### 1、定义：

碘量法：是以 $I_2$ 的氧化性和 $I^-$ 离子的还原性为基础的滴定分析法。



由 $E^0$ 可知： $I_2$ 氧化剂(较弱)  $\xrightarrow{\text{较强还原剂 (如: } Na_2S_2O_3)}$  直接碘量法(碘滴定法)

$I^-$ 还原剂(中等)  $\xrightarrow{\text{氧化剂}}$   $I_2$   $\xrightarrow[\text{标液}]{Na_2S_2O_3}$  间接碘量法(滴定碘法)

### 3、两种滴定方式的比较 Comparison of direct and indirect

分类	直接碘量法	间接碘量法
定义	用I <sub>2</sub> 标准溶液直接滴定还原性物质的方法。	利用I <sup>-</sup> 的还原性与氧化性物质定量析出I <sub>2</sub>
应用	$E^0 < E^0_{I_2/I^-}$ 的较强还原剂 如：S <sup>2-</sup> 、SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 、S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup> 、AsO <sub>3</sub> <sup>3-</sup>	$E^0 > E^0_{I_2/I^-}$ 的氧化剂，如：H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 、Cu <sup>2+</sup> 、Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup> 、AsO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 、IO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 等
电极反应	$I_2 + 2e^- = 2I^-$	$2I^- - 2e^- = I_2 \text{ (与氧化剂反应)}$ $I_2 + 2S_2O_3^{2-} = S_4O_6^{2-} + 2I^- \text{ (滴定)}$
标准溶液	I <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
指示剂	淀粉(开始加入，兰色出现)	淀粉(近终点加入，兰色消失)
备注	应用不广	应用广

## ★ 4. 碘量法的反应及操作条件：

### (1) $I^-$ 与氧化剂反应的条件：（间接碘量法）

A、加入过量KI(3 ~ 4倍)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{a. 使反应完全;} \\ \text{b. 减少} I_2 \text{的挥发损失 } I_2 + I^- = I_3^- \\ \text{c. 增大指示剂的灵敏度。} (\because \text{淀粉遇} I_3^- \text{变兰。}) \end{array} \right.$

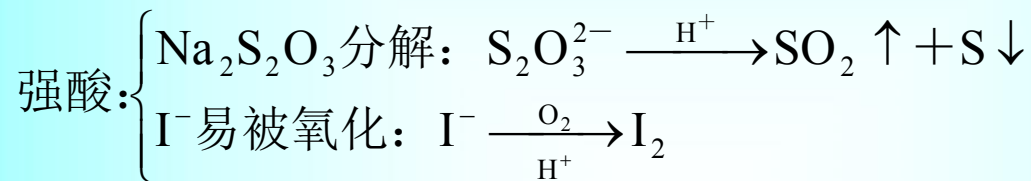
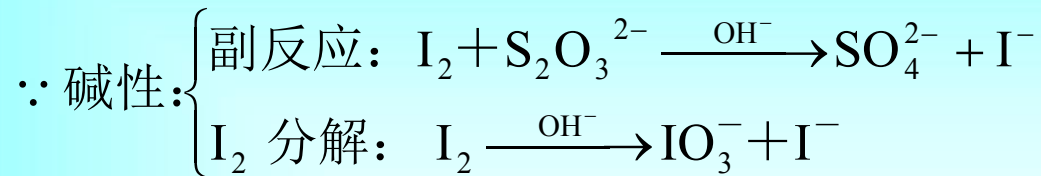
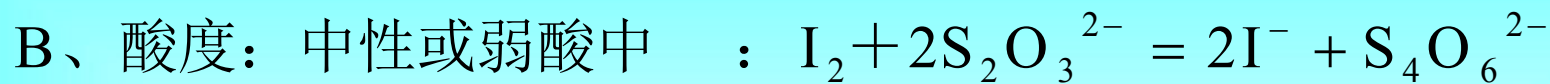
B、酸性  $I^- + \text{氧化剂}$  反应慢

C、将碘量瓶置暗处片刻  $\left\{ \begin{array}{l} \text{a. } I^- + \text{氧化剂} \quad \text{反应慢} \\ \text{b. } I^- + O_2 \xrightarrow{\text{光(加速)}} I_2 \end{array} \right.$

### (2) 滴定条件： $(I_2$ 与 $S_2O_3^{2-}$ 的反应) （直接和间接碘量法）

A、温室  $\because$  高温  $\left\{ \begin{array}{l} \text{a. 增大} I_2 \text{的挥发} \\ \text{b. 降低淀粉指示剂的灵敏度。} \\ \text{c. 保存} Na_2S_2O_3 \xrightarrow[\text{增大细菌活性}]{\text{高温}} \text{易分解} \end{array} \right.$





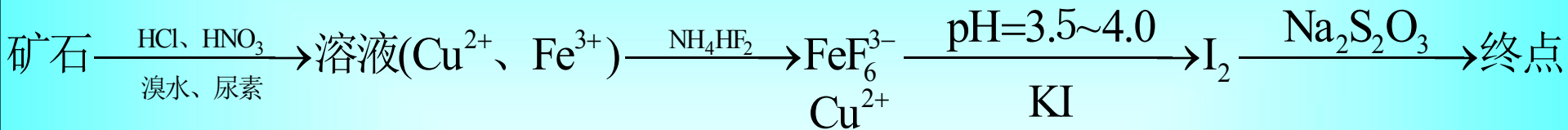
因此，间接碘量法  $\begin{cases} \text{开始不剧烈摇动 (防止} I_2 \text{的挥发)} \\ \text{快速: (避免} I_2 \text{的挥发和} I^- \text{的氧化。)} \\ \text{终点用力摇动 (} \because \text{淀粉吸附的} I_2 \text{与} Na_2S_2O_3 \text{反应慢。)} \end{cases}$

直接碘量法的滴定：快 速。

综上，碘量法的误差来源  $\begin{cases} I_2 \text{的挥发} \\ I^- \text{的氧化} \end{cases}$

(B) 实例：

## 1 铜矿中铜的测定：



1、加入溴水、尿素的目的是什么？

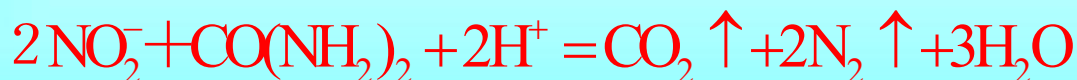
溴水：排除 $\text{AsO}_3^{2-}$ 和 $\text{SbO}_3^{3-}$ 的干扰。

矿石中的杂质As和Sb在用HCl和HNO<sub>3</sub>溶解时，被氧化为 $\text{AsO}_3^{2-}$ 和 $\text{SbO}_3^{3-}$ ；

低价的砷和锑能将 $\text{I}_2$ 还原为 $\text{I}^-$ ，使测铜的结果偏低。加溴水将低价砷 $\text{AsO}_3^{2-}$ 和锑 $\text{SbO}_3^{3-}$ 氧化为高价砷( $\text{AsO}_4^{3-}$ )和锑( $\text{SbO}_4^{3-}$ )。

尿素：除去氮的氧化物。

样品被HNO<sub>3</sub>溶解后，可能残留有NO<sub>2</sub>，NO<sub>2</sub>能使 $\text{I}^-$ 氧化为 $\text{I}_2$ ，尿素可将NO<sub>2</sub>除去。



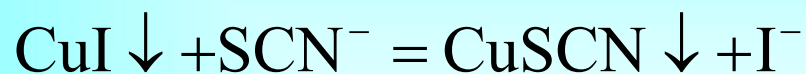
- 2、加  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  的目的： a. 消除  $\text{Fe}^{3+}$  的干扰；  
b. 控制酸度。

因为样品中含有  $\text{Fe}^{3+}$ ，它能使  $\text{I}^-$  氧化为  $\text{I}_2$ ，  
 $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$ ，使测定结果偏高。

加入  $\text{NH}_4\text{HF}_2$  后， $\text{Fe}^{3+} + 3\text{F}^- = \text{FeF}_6^{3-}$  降低了溶液中  $[\text{Fe}^{3+}]$  的浓度，从而使  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}$  的电位减小， $\text{Fe}^{3+}$  也就失去了氧化  $\text{I}^-$  为  $\text{I}_2$  的能力。

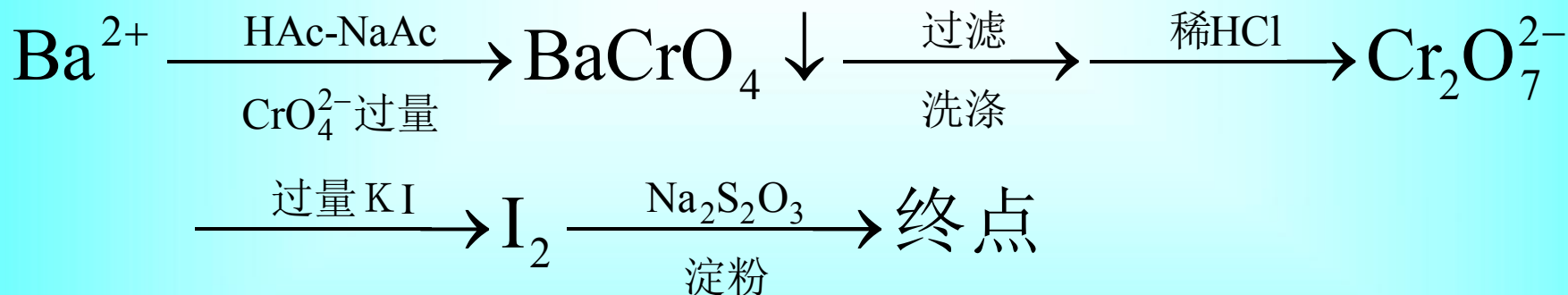
### 3、消除CuI吸附的I<sub>2</sub>：

在大部分I<sub>2</sub>被Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>溶液滴定后，加入NH<sub>4</sub>SCN：



CuSCN沉淀吸附I<sub>2</sub>的倾向小，可以提高分析结果的准确度。

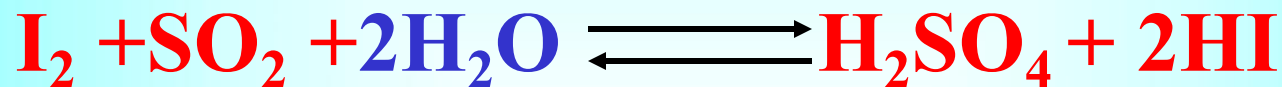
## 2 钡盐中钡的测定：



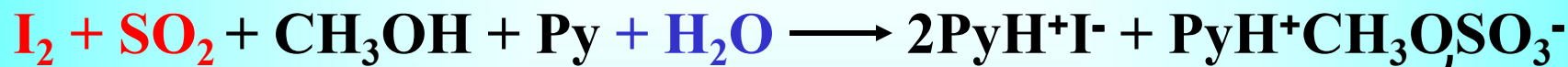
# 3 卡尔·费歇尔法测水 Carl-Fischer

titration

原理： $I_2$ 氧化 $SO_2$ 需定量的水。



在吡啶存在下，加入甲醇反应才定量向右进行。



红棕色

费歇尔试剂

淡黄色

## 小结 Brief summary

- 1 条件电位的概念, 影响条件电位的因素. 不同类型的反应对  $\Delta E^{0'}$  要求不同。
- 2 影响氧化还原反应速率的因素: 浓度、温度、催化剂、诱导反应。
- 3 滴定曲线: 与  $\Delta E^{0'}$  有关, 与浓度无关  
指示剂: 氧还、自身、专用。  
滴定前的预处理。
- 4 各种方法的特点、应用条件、测定事例。
- 5 氧化还原滴定的计算。

# Homework

**Pages 166 and 167 in textbook,  
Questions: 11,12,13,15,17,18**