

第2讲 氧化还原反应方程式的配平及有关计算

考点突破

考点一

氧化还原反应方程式的配平



基础再现

1. 氧化还原反应方程式配平的原则

- (1) 电子守恒: 即得失电子数目相等。
- (2) 质量守恒: 即反应前后各元素原子种类和个数相等。
- (3) 电荷守恒: 即反应前后离子所带的电荷总数相等(反应既是氧化还原反应又是离子反应)。

2. 氧化还原反应方程式配平的步骤

- (1)“标”:正确标出反应前后价态变化元素的化合价。
- (2)“等”:求最小公倍数以使化合价的升降总数相等。
- (3)“定”:确定氧化剂、还原剂、氧化产物和还原产物前的化学计量数。
- (4)“平”:用观察法配平其他物质前的化学计量数。
- (5)“查”:利用“三原则”逐项检查配平的方程式是否正确。

! 疑难突破

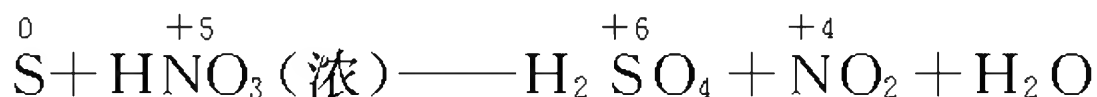
氧化还原反应方程式配平的方法和技巧:

1. 顺配法:先从氧化剂或还原剂开始配平。适用范围:(1)分子间的氧化还原反应;(2)所有元素参与的氧化还原反应;(3)生成物中物质既是氧化产物,又是还原产物。

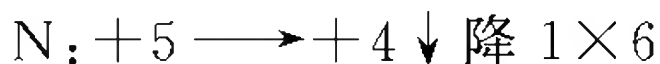
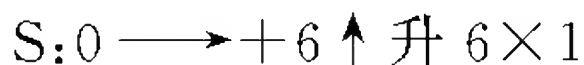
2. 逆配法: 先从氧化还原反应产物开始配平。适用范围: (1) 自身氧化还原反应(含歧化反应); (2) 反应物中某一部分被氧化或被还原。

下面以硫与浓硝酸反应为例, 说明配平的一般步骤:

① 标变价: 标出氧化剂、还原剂、氧化产物、还原产物中变价元素的化合价。



② 求总数: 求得、失电子数的最小公倍数, 以确定氧化剂、还原剂、氧化产物和还原产物 4 种物质的化学计量数。



③配化学计量数：观察配平两边其他物质的化学计量数，并进行检查。



3. 几类反应配平的技巧

(1)缺项类：

①可能缺的项：一般是反应介质；通常是酸、碱或水，它们参与反应，但其中元素化合价不变。

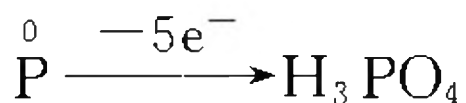
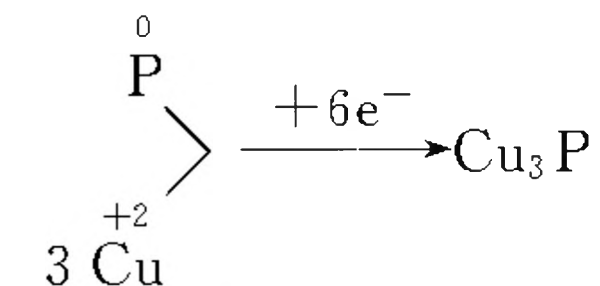
②确定方法：先配出氧化还原化学计量数，后根据离子电荷守恒和原子个数守恒确定。

(2)多变类：①有两种以上元素价态改变；

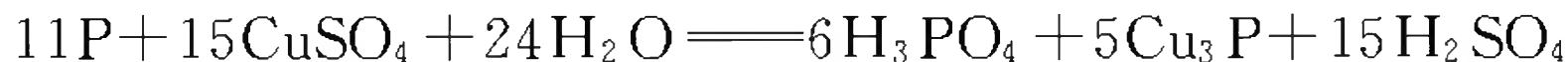
②存在一种物质中，其中两种元素的价态均同时升高或降低。

配平技巧：整体＋零价法（即：把多种元素价态改变的分子作为整体或把整体中各元素化合价当作 0）。

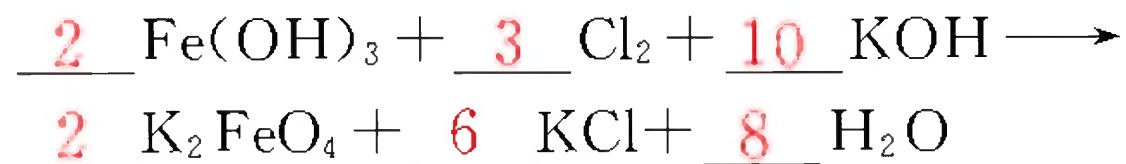
如 $\text{P} + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Cu}_3\text{P} + \text{H}_2\text{SO}_4$ 可看作：



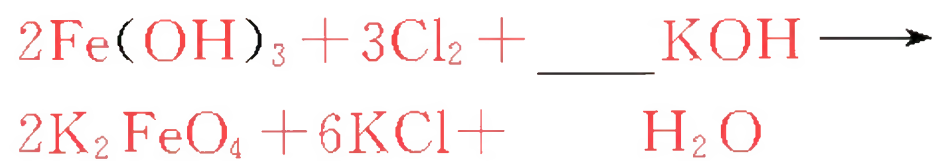
根据电子得失相等，分别乘以化学计量数 5 和 6，合并得 P 原子总数，即可配平：



1. 试配平下列化学方程式：



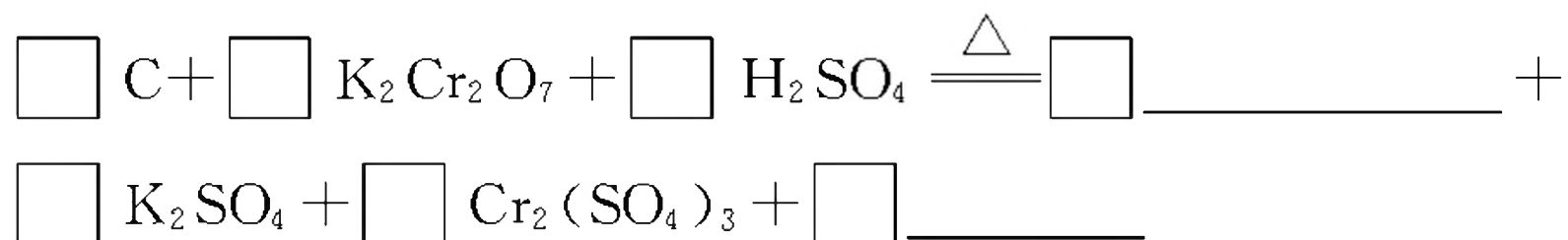
解析 反应过程中 $\overset{+3}{\text{Fe(OH)}}_3 \longrightarrow \overset{+6}{\text{K}_2\text{FeO}_4}$ $\overset{0}{\text{Cl}_2} \longrightarrow \overset{-1}{\text{KCl}}$ ，由电子得失相等得：



由质量守恒，可配平：

KOH 的计量数为 10，H₂O 的计量数为 8。

2. (2008 · 东营模拟) 2001 年 1 月 6 日, 我国 525 名两院院士投票评选出 1999 年中国十大科技进步奖, 其中一项是: 储氢碳纳米管研究获重大进展。电弧法合成的碳纳米管, 常伴有大量杂质——碳纳米颗粒。这种碳纳米颗粒可通过氧化气化法提纯。其反应式是:



(1) 完成并配平上述反应的化学方程式。

(2) 此反应的氧化剂是 , 氧化产物是 。

(3) 上述反应中若产生 0.1 mol 气体物质, 则转移电子的物质的量是 mol。

解析 (1) 反应过程中 $\overset{0}{\text{C}} \longrightarrow \overset{+4}{\text{C}}\text{O}_2$, $\text{K}_2\overset{+6}{\text{Cr}}_2\text{O}_7 \longrightarrow$

$\overset{+3}{\text{Cr}}_2(\text{SO}_4)_3$, 由电子得失相等得:



守恒, 由钾元素守恒可知 K_2SO_4 的计量数为 2, 由硫元素守恒, H_2SO_4 的计量数为 8, 由氢、氧元素守恒, 可知缺项为 H_2O , 计量数为 8。

(2) 通过(1)中元素化合价变化情况分析可知: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 作氧化剂, CO_2 为氧化产物。

(3) 从反应方程式可知, 有 1 mol CO_2 生成即转移 4 mol 电子, 可确定答案。

答案 (1) 3 2 8 3 CO_2 2 2 8 H_2O

(2) $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ CO_2 (3) 0.4



基础再现

1. 在氧化还原反应中电子总是从还原剂转移到氧化剂而且数目不发生改变规律称为电子守恒。这是氧化还原反应的实质,其外在表现是化合价变化。在应用电子守恒来分析氧化还原反应时,要注意“化合价升降总数=电子转移总数”这一等量关系。运用得失电子守恒进行对比氧化还原反应中氧化剂和还原剂的量比关系,再进行有关的化学计算会使解题变得更加简单、快捷。
2. 方法
 - (1)根据配平后的氧化还原反应方程式,通过列出反应物与生成物之间的比例关系进行计算。

(2)当求算一种物质氧化(或还原)另一种物质时,一般不必写出配平的化学方程式,而只须找出已知量和欲求量之间的电子转移关系即可,这种关系寻找的依据是得失电子的总数相等。

! 疑难突破

1. 主要类型

- (1)求氧化剂与还原剂或氧化产物与还原产物的物质的量之比或质量之比。
- (2)通过计算确定元素的化合价或氧化产物、还原产物的组成。
- (3)根据氧化还原反应的先后次序进行计算。

2. 基本方法——电子守恒法

对于氧化还原反应的计算,关键是根据氧化还原反应的实质——反应中氧化剂得到电子总数与还原剂失去电子总数相

等,即得失电子守恒,列出守恒关系式求解。其解题的一般步骤为:

- (1)找出氧化剂、还原剂及相应的还原产物和氧化产物。
- (2)找准一个原子或离子得失电子数。(注意化学式中粒子的个数)
- (3)根据题中物质的物质的量和电子守恒列出等式。
$$n(\text{氧化剂}) \times \text{变价原子个数} \times \text{化合价变化值(高价-低价)} = n(\text{还原剂}) \times \text{变价原子个数} \times \text{化合价变化值(高价-低价)}。$$

即时巩固

3. $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$ 在一定条件下可以把 Mn^{2+} 氧化为 MnO_4^- ,若反应后 $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$ 变为 RO_4^{2-} ,又知反应中氧化剂与还原剂的物质的量之比为 5 : 2,则 $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$ 中 R 元素的化合价为

A. +4

B. +5

C. +6

D. +7

解析 常规解法:根据化合价代数和为零的规则确定 RO_4^{2-} 中 R 的化合价为 +6, MnO_4^- 中 Mn 的化合价为 +7。设 $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$ 中 R 的化合价为 +x 价。

由得失电子守恒得: $5 \times (x-6) \times 2 = 2 \times (7-2)$

解得 $x=7$

巧解巧算:在 RO_4^{2-} 中元素 R 的化合价为 +6, $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$ 能把 Mn^{2+} 氧化成 MnO_4^- (Mn 元素的化合价升高)而 $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$ 被还原成 RO_4^{2-} (R 元素的化合价降低),即 $\text{R}_2\text{O}_8^{n-}$ 中 R 元素的化合价大于 +6,对照选项可知,只有选项 D 符合题目要求。

答案 D

4. (2008 · 全国 I 理综, 26) 实验室可由软锰矿(主要成分为 MnO_2) 制备 KMnO_4 , 方法如下: 软锰矿与过量固体 KOH 和 KClO_3 在高温下反应, 生成锰酸钾 (K_2MnO_4) 和 KCl ; 用水溶解, 滤去残渣, 滤液酸化后, K_2MnO_4 转变为 MnO_2 和 KMnO_4 ; 滤去 MnO_2 沉淀, 浓缩滤液, 结晶得到深紫色的针状 KMnO_4 。请回答:

(1) 软锰矿制备 K_2MnO_4 的化学方程式是 _____;
_____;

(2) K_2MnO_4 制备 KMnO_4 的离子方程式是 _____;
_____;

(3) 若用 2.5 g 软锰矿(含 MnO_2 80%) 进行上述实验, 计算 KMnO_4 的理论产量;

(4) KMnO_4 能与热的经硫酸酸化的 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 反应生成 Mn^{2+} 和 CO_2 该反应的化学方程式是_____

_____;

(5) 上述制得的 KMnO_4 产品 0.165 g, 恰好与 0.335 g 纯 $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 反应完全, 计算该 KMnO_4 的纯度。

解析 (1) MnO_2 和 KClO_3 、 KOH 在高温条件下发生氧化还原反应, 生成 K_2MnO_4 、 KCl 和 H_2O , 根据化合价升降相等配平方程式即可。

(2) 根据信息, 滤液中的 MnO_4^{2-} 在酸性条件下发生氧化还原反应生成 MnO_4^- 、 MnO_2 , 离子方程式为 $3\text{MnO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ = 2\text{MnO}_4^- + \text{MnO}_2 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 根据(1)、(2)中的两个反应找出关系式：



$$87 \qquad \frac{2}{3} \times 158$$

$$2.5 \text{ g} \times 80\% \qquad m(\text{KMnO}_4)$$

$$\text{则有 } \frac{87}{2.5 \text{ g} \times 80\%} = \frac{\frac{2}{3} \times 158}{m(\text{KMnO}_4)}$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 2.4 \text{ g}$$

(4) 反应物和产物都有了，配平时注意电子守恒、电荷守恒。

(5) 根据(4)中的反应，找出关系式：



$$2 \times 158 \qquad 5 \times 134$$

$$m(\text{KMnO}_4) \qquad 0.335 \text{ g}$$

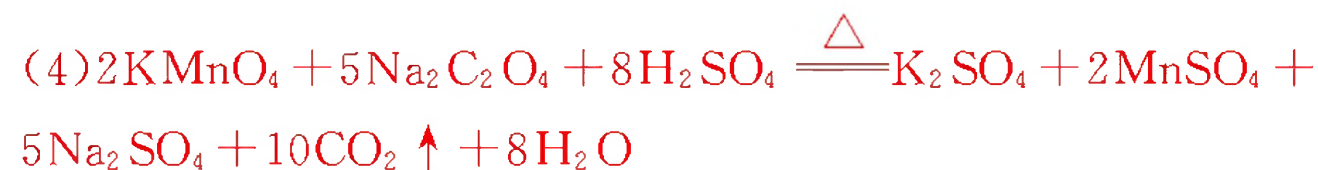
$$\text{則有 } \frac{2 \times 158}{m(\text{KMnO}_4)} = \frac{5 \times 134}{0.335 \text{ g}}$$

$$m(\text{KMnO}_4) = 0.158 \text{ g}$$

$$\text{因此 KMnO}_4 \text{ 的純度為 } \frac{0.158 \text{ g}}{0.165 \text{ g}} \times 100\% = 95.8\%$$



(3) 2.4 g



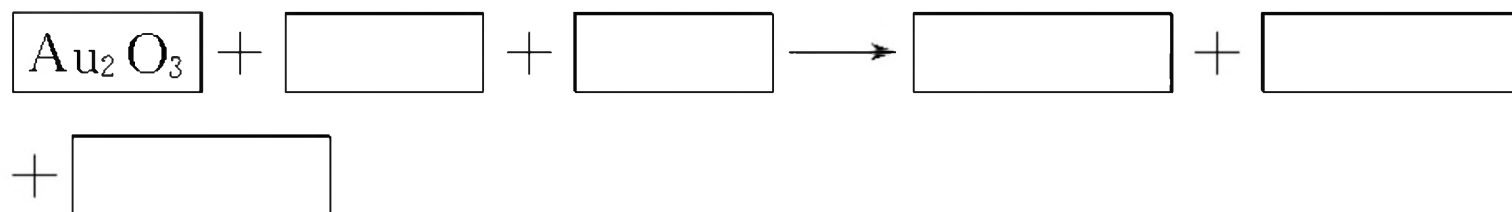
(5) 95.8%

热点 1 氧化还原方程式的配平

【例 1】 (2008 · 上海, 24 有改动) 某反应体系中的物质有:

NaOH 、 Au_2O_3 、 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 、 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 、 Au_2O 、 H_2O 。

(1) 请将 Au_2O_3 之外的反应物与生成物分别填入以下空格内:



(2) 反应中, 被还原的元素是 _____, 还原剂是 _____。

(3) 请将反应物的化学式配平后的系数填入下列相应的位置中, 并标出电子转移的方向和数目。



(4) 纺织工业中常用氯气作漂白剂, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 可作为漂白布匹后的“脱氯剂”, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 和 Cl_2 反应的产物是 H_2SO_4 、 NaCl 和 HCl , 则还原剂与氧化剂的物质的量之比为_____。

解析 (1) Au_2O_3 中金元素的化合价为 +3 价, 而另一种含金的化合物为 Au_2O , 其中金元素的化合价为 +1 价, 因此金元素的化合价在反应后降低。则另一种物质中必定有一种元素的化合价升高, 通过分析可知, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 中 +2 价的硫元素升高到 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 中的 $+\frac{5}{2}$ 价, 故此反应中, 氧化剂和还原剂分别为 Au_2O_3 和 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, 氧化产物和还原产物分别为 $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ 和 Au_2O , 再结合质量守恒定律, 可找出其他的反应物和生成物。

(2) 通过(1)中的分析可知, 反应中被还原的元素是 Au, 还原剂是 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 。

(3) 反应过程中: $\overset{+3}{\text{Au}_2\text{O}_3} \longrightarrow \overset{+1}{\text{Au}_2\text{O}}, \text{Na}_2\overset{+2}{\text{S}_2\text{O}_3} \longrightarrow$

$\text{Na}_2\overset{+\frac{5}{2}}{\text{S}_4\text{O}_6}$, 根据得失电子数目相等, 可得:

$\text{Au}_2\text{O}_3 + 4\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \underline{\hspace{1cm}} \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Au}_2\text{O} + 2\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6 +$
 $\underline{\hspace{1cm}} \text{NaOH}$, 再依据质量守恒定律, 观察可配平方程式, H_2O
 的系数为 2, NaOH 的系数为 4。

(4) 根据 $\text{Na}_2\overset{+2}{\text{S}_2\text{O}_3} \longrightarrow \text{H}_2\overset{+6}{\text{S}}\text{O}_4, \text{Cl}_2^0 \longrightarrow \overset{-1}{\text{Cl}}$, 由电子守恒可得:

$$n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \times 4 \times 2 = n(\text{Cl}_2) \times 2, \text{ 因此 } \frac{n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)}{n(\text{Cl}_2)} = \frac{1}{4}。$$

答案 (1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ H_2O $\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ Au_2O NaOH

(2) $\overset{+3}{\text{Au}}$ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$



(4) 1 : 4

◎ 方法归纳

氧化还原反应方程式的配平方法比较多,通常运用较多的是根据化合价升降来配平。其配平步骤是:标变价→列变化→求总数→配计(量)数→细检查。其中“求总数”是关键,它既是配平的前提和保障,又是配平后再进行相关分析的依据。“求总数”时要注意观察奇偶,考虑脚标、整体分析等方面求出正确的最小公倍数。

迁移发散

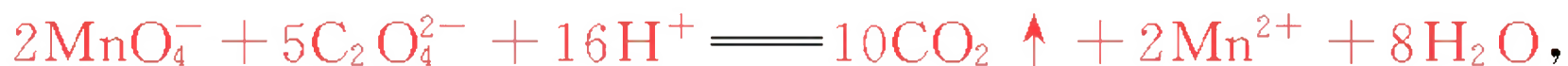
1. 做实验时不小心沾了一些高锰酸钾,皮肤上的黑斑很久才能消除,如果用草酸的稀溶液洗涤则马上可以复原,其离子方程式为: $\text{MnO}_4^- + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{CO}_2 \uparrow + \text{Mn}^{2+} + \square$ 。关于

于此反应的叙述正确的是

- A. 该反应的氧化剂是 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$
- B. 该反应右边方框内的产物是 OH^-
- C. 该反应电子转移总数是 5e^-
- D. 配平该反应后, H^+ 的化学计量数是 16

解析 从元素化合价变化可知: $\overset{+7}{\text{MnO}_4^-} \longrightarrow \overset{+2}{\text{Mn}^{2+}}$, 化合价降低被还原, MnO_4^- 作氧化剂, $\overset{+3}{\text{C}_2\text{O}_4^{2-}} \longrightarrow \overset{+4}{\text{CO}_2}$, 化合价升高

被氧化, $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 作还原剂。根据电子守恒和质量守恒, 配平该方程式如下:



可知该反应转移的电子总数为 10e^- , 方框内的产物为 H_2O 。

答案 D

2. 在氯氧化法处理含 CN^- 的废水过程中, 液氯在碱性条件下可以将氰化物氧化成氰酸盐(其毒性仅为氰化物的千分之一), 氰酸盐进一步被氧化为无毒物质。

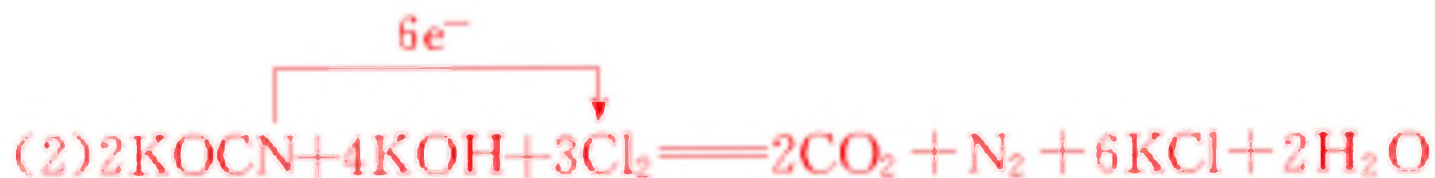
(1) 某厂废水中含 KCN , 其浓度为 650 mg/L 。现用氯氧化法处理, 发生如下反应(其中 N 均为 -3 价): $\text{KCN} + 2\text{KOH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{KOCN} + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ 。被氧化的元素是 _____。

(2)投入过量液氯,可将氰酸盐进一步氧化为氮气。请配平下列化学方程式,并标出电子转移的方向和数目: $\text{KOCN} + \text{KOH} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{N}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ 。

解析 (1)在反应 $\text{KCN} + 2\text{KOH} + \text{Cl}_2 = \text{KOCN} + 2\text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ 中,碳元素的化合价从+2 $\longrightarrow$ +4价失电子,被氧化。

(2)从化学方程式可知 N 元素的化合价从-3升到 0;而 Cl 元素的化合价从 0 降到-1,根据氧化还原反应中元素化合价升降总数相等的规律,即可配平。 $2\text{KOCN} + 4\text{KOH} + 3\text{Cl}_2 = 2\text{CO}_2 + \text{N}_2 + 6\text{KCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

答案 (1)碳(或 C)

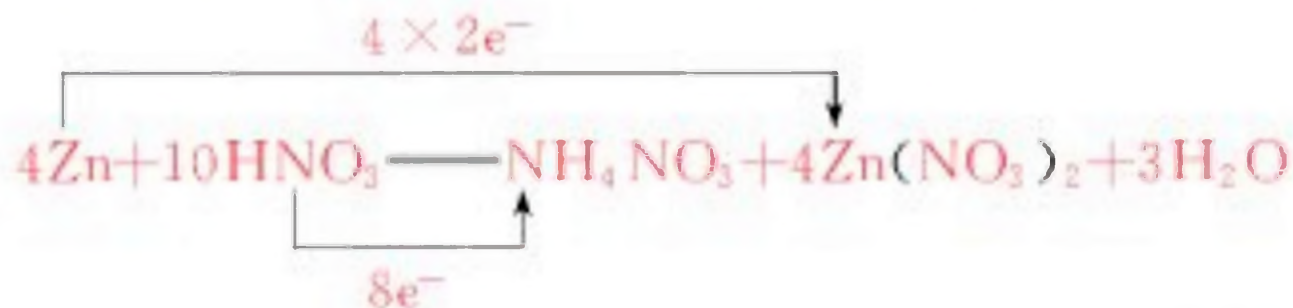


热点 2 守恒观在氧化还原反应计算中的应用

【例 2】(2008·海南,4) 锌与很稀的硝酸反应生成硝酸锌、硝酸铵和水。当生成 1 mol 硝酸锌时, 被还原的硝酸的物质的量为 (D)

A. 2 mol B. 1 mol C. 0.5 mol D. 0.25 mol

解析 锌与稀硝酸反应, 按题意方程式为:



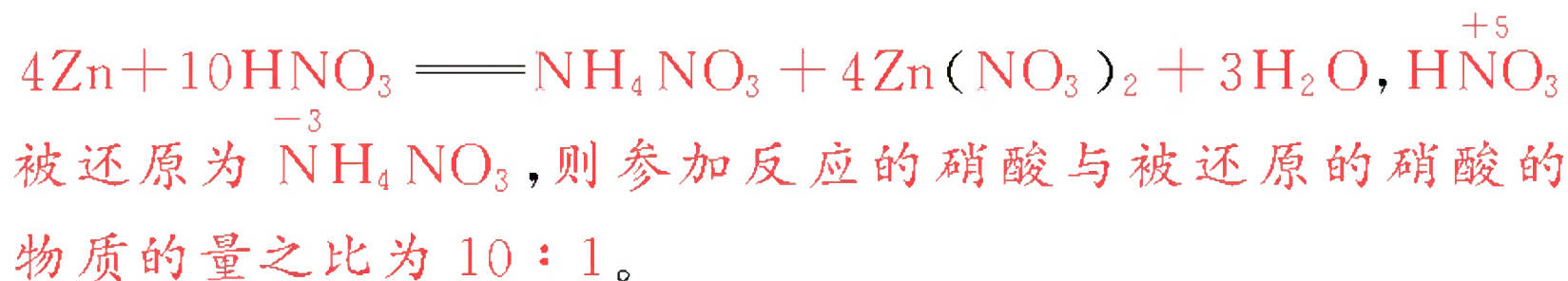
生成 1 mol $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ 时被还原的 HNO_3 为 $\frac{1}{4}$ mol, 也可以根据生成 1 mol NH_4NO_3 , HNO_3 得到 8 mol e^- , 则有 4 mol Zn 失去 8 mol e^- 求得。



迁移发散

3. (2008·海南改编) 锌与极稀的硝酸反应生成硝酸锌、硝酸铵和水。此反应中参加反应的硝酸与被还原的硝酸的物质的量之比为 (C)
- A. 5 : 4 B. 5 : 1 C. 10 : 1 D. 10 : 9

解析 由题意知, 稀硝酸与锌反应的方程式如下:



4. 某反应可表示为： $mM + nH^+ + O_2 \longrightarrow xM^{2+} + yH_2O$ ，则 x 值为 (A)

A. 2

B. 4

C. 6

D. 9

解析 本题可以利用得失电子守恒求解，也可以利用电荷守恒求解。据得失电子守恒有 $2x=4$ ，即 $x=2$ 。

若利用电荷守恒求解，则有 $y=2$ （氧原子守恒）， $n=4$ （氢原子守恒）， $4 \times 1 = 2x$ ，即 $x=2$ 。

当堂检测

1. 在 NO_2 被水吸收的反应中,发生还原反应和发生氧化反应的物质,其质量比为 (C)
- A. 3 : 1 B. 1 : 3 C. 1 : 2 D. 2 : 1

解析 NO_2 与 H_2O 反应的方程式如下: $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$, HNO_3 是氧化产物, NO 是还原产物,由元素守恒,发生氧化反应和发生还原反应的 NO_2 的质量比为 2 : 1。

2. 在一定条件下,分别以过氧化氢、高锰酸钾、氯酸钾为原料制取氧气,当制得相同物质的量的氧气时,三个反应中转移电子数的物质的量之比为
- A. 1 : 2 : 3 B. 2 : 4 : 3
C. 1 : 2 : 2 D. 1 : 1 : 1

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/255324323232011040>