

高考研究权威专家



2009

高考复习讲义

化学

杜志建 主编

联合推荐

 新浪教育

 搜狐教育
learning.sohu.com

 人民网
www.people.com.cn

 教育频道
edu.qq.com

天星教研中心十年奉献
北大清华状元年年首选



新疆青少年出版社
克孜勒苏柯尔克孜文出版社

高考研究权威专家



2009

高考复习讲义

化学

丛书主编：杜志建

本册主编：朱圣辉 李书齐

本册副主编：苏士杰 王家圣 凡建伟 张来柱

陈新艳 魏森娟 王文森

新疆青少年出版社
克孜勒苏柯尔克孜文出版社

图书在版编目(CIP)数据

高考复习讲义. 化学/杜志建主编. —修

订本. —阿图什:克孜勒苏柯尔克孜文出版社;乌鲁木齐:

新疆青少年出版社, 2008. 2

ISBN 978 - 7 - 5374 - 0342 - 9

I. 试... II. 杜... III. 化学课—高中—解题—升学参考资料 IV. G634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 019774 号

策 划:杜志建

责任编辑:郑 琴

责任校对:刘 娜

封面设计:魏晋文化

版式设计:侯会锋

高考复习讲义·化学

杜志建主编

出 版:新疆青少年出版社

社 址:乌鲁木齐市胜利路二巷 1 号

邮政编码:830049

电 话:0991—2301401(编辑部)

2864403(发行部)

网 址:<http://www.qingshao.net>

发 行:新疆青少年出版社

经 销:全国各地书店

印 刷:郑州文华印务有限公司

开 本:890 × 1240 1/16

版 次:2008 年 3 月修订版

印 张:26

印 次:2008 年 3 月第 1 次印刷

字 数:518 千字

印 数:20000 册

书 号:ISBN 978 - 7 - 5374 - 0342 - 9

定 价:42.00 元



新青少社版图书,版权所有,侵权必究。印装问题可随时退换。

目录

CONTENTS

1 第一章 化学反应及其能量变化

第一讲 氧化还原反应	1
第二讲 离子反应	8
第三讲 化学反应中的能量变化	16
✧综合能力测试	24

26 第二章 碱金属

第一讲 钠及其化合物	26
第二讲 碱金属元素	35
✧综合能力测试	39

41 第三章 物质的量

第一讲 物质的量与化学基本定律	41
第二讲 以物质的量为中心的的计算的应用	50
✧综合能力测试	54

56 第四章 卤素

第一讲 氯及其化合物	56
第二讲 卤族元素	62
✧综合能力测试	68

70 第五章 物质结构 元素周期律

第一讲 原子结构	70
第二讲 元素周期律和元素周期表	75

第三讲 化学键 晶体结构	82
--------------------	----

✧综合能力测试	90
---------------	----

93 第六章 氧族元素 环境保护

第一讲 氧族元素	93
第二讲 二氧化硫和环境保护	98
第三讲 硫酸 硫酸工业	105
✧综合能力测试	110

113 第七章 碳族元素 无机非金属材料

第一讲 碳族元素	113
第二讲 硅及其化合物 无机非金属材料	120
✧综合能力测试	125

128 第八章 氮族元素

第一讲 氮和磷	128
第二讲 氨和铵盐	134
第三讲 硝酸	140
✧综合能力测试	145

147 第九章 化学反应速率与化学平衡

第一讲 化学反应速率	147
第二讲 化学平衡	152
第三讲 化学平衡的综合应用及图象分析	159
✧综合能力测试	165

167 第十章 电离平衡 胶体

第一讲 电离平衡与溶液的 pH	167
第二讲 盐类的水解	173
第三讲 酸碱中和滴定	178
第四讲 胶体	183
✧ 综合能力测试	187

190 第十一章 几种重要的金属

第一讲 镁和铝	190
第二讲 铁及其化合物	198
第三讲 其他金属 金属的冶炼	205
第四讲 原电池与电解池	211
✧ 综合能力测试	218

221 第十二章 烃

第一讲 甲烷 烷烃	221
第二讲 烯烃和炔烃	227
第三讲 苯和芳香烃	233
第四讲 石油和煤	237
✧ 综合能力测试	241

244 第十三章 烃的衍生物

第一讲 卤代烃	244
---------------	-----

综合模拟测试卷	337
---------------	-----

答案全解全析(单独成册)	341
--------------------	-----

第二讲 醇与酚	249
第三讲 乙醛 醛类	257
第四讲 乙酸 羧酸与酯	262
第五讲 同系物和同分异构体	268
✧ 综合能力测试	271

274 第十四章 糖类 油脂 蛋白质 合成材料

第一讲 糖类	274
第二讲 油脂 蛋白质	278
第三讲 有机高分子材料	282
第四讲 有机合成与推断	288
✧ 综合能力测试	295

297 第十五章 化学实验

第一讲 常用仪器与基本操作	297
第二讲 物质的分离、提纯和检验	305
第三讲 物质的制备	312
第四讲 化学实验的设计与评价	319
✧ 综合能力测试	325

328 第十六章 化学计算技巧与综合计算

✧ 综合能力测试	335
----------------	-----

第一章

化学反应及其能量变化

学习目标

1. 掌握化学反应的四种基本类型：化合、分解、置换、复分解。
2. 理解氧化还原反应，了解氧化剂和还原剂等概念。掌握重要氧化剂、还原剂之间的常见反应，能判断氧化还原反应中电子转移的方向和数目，并能配平反应方程式。
3. 了解化学反应中的能量变化，吸热反应、放热反应、反应热、燃烧热、中和热等概念。初步了解新能源的开发。掌握有关燃烧热的简单计算。
4. 了解电解质和非电解质、强电解质和弱电解质的概念。
5. 理解离子反应的概念，能正确书写离子方程式。

高考趋向

1. 氧化还原反应在生产实践中应用极为广泛，它贯穿于中学化学的全过程，是高考命题的热点之一。主要考点涉及基本概念、方程式的配平、简单计算以及关系式计算，还有强弱规律的应用等。今后高考命题除仍将继续从上述方面进行综合考查外，试题还将与工农业生产、日常生活、科学实验等实际紧密结合起来考查考生的综合能力。
2. 化学反应中的能量变化在教材中的篇幅较少，但在高中经常涉及的内容有：书写热化学方程式或判断热化学方程式的正误；有关反应热的计算；比较反应热的大小等。最近又将反应热与能源结合起来进行考查。今后高考命题的发展趋势是考查反应热的内容将不断拓宽，难度也有所提高。
3. 离子共存问题是高考中的常见题型，是每年必考的题型。今后高考命题的趋向是：
(1) 增加限制条件，如强酸性、无色透明、碱性、 $\text{pH}=1$ 、甲基橙呈红色、发生氧化还原反应等；
(2) 定性中有定量，如“由水电离出的 $c(\text{H}^+) = 1 \times 10^{-14} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液中……”，离子方程式的书写正误判断也是历年高考必出的试题。从命题的内容看，存在着两个特点：
(1) 所考查的化学反应均为中学化学教材中的基本反应，错因大都属于化学式拆分处理不当，电荷未配平，产物不合理或漏掉部分反应等；
(2) 所涉及的化学反应类型以复分解反应为主，而溶液中的氧化还原反应约占 15%。

第一讲 氧化还原反应

1 研习考纲重难点

考点一 氧化还原反应的基本概念

梳理

1. 氧化还原反应

(1) 氧化还原反应的特征

反应前后某些元素的化合价发生了变化。物质所含元素化合价升高的反应是氧化反应，物质所含元素化合价降低的反应是还原反应。可见，氧化还原反应的判断依据是某些元素的化合价发生了变化。

(2) 氧化还原反应的实质

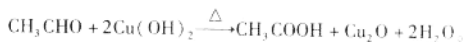
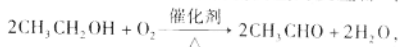
有电子转移（得失或偏移），且转移电子总数相等。

(3) 氧化还原反应的有关概念及其相互联系

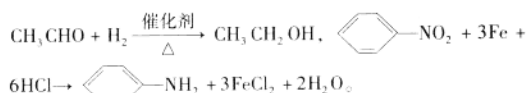
① 氧化剂：得到电子（或电子对偏向）的物质，在反应时所含元素的化合价降低。

② 还原剂：失去电子（或电子对偏离）的物质，在反应时所含元素的化合价升高。

③ 氧化反应：失去电子（或元素化合价升高）的反应。在有机化学反应中，凡是得氧或去氢的反应都叫氧化反应，如：



④ 还原反应：得到电子（或元素化合价降低）的反应。在有机化学反应中，凡是得氢或去氧的反应都叫还原反应，如：



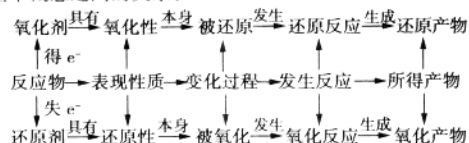
⑤氧化性:物质得到电子的性质。

⑥还原性:物质失去电子的性质。

⑦氧化产物:还原剂被氧化后所对应的产物。

⑧还原产物:氧化剂被还原后所对应的产物。

基本概念之间的关系:



为了方便记忆、快速解题可采用如下口诀:

升失氧、降得还;剂性一致,其他相反。“升失氧、降得还”即反应后所含元素化合价升高的物质失电子被氧化,发生氧化反应;反应后所含元素化合价降低的物质得电子被还原,发生还原反应。“剂性一致”即氧化剂具有氧化性,还原剂具有还原性。“其他相反”即氧化剂被还原,发生还原反应,得还原产物;还原剂被氧化,发生氧化反应,得氧化产物。

2. 常见的氧化剂和还原剂

(1) 常见的氧化剂

①活泼非金属单质:如 F_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 O_2 等。

②元素处于高价态的物质:如浓 H_2SO_4 、 HNO_3 、 KMnO_4 、 KClO_3 、 FeCl_3 等。

③某些氧化物、过氧化物:如 MnO_2 、 Na_2O_2 、 H_2O_2 等。

④高价金属阳离子:如 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 等。

(2) 常见的还原剂

①活泼的金属单质:如 Na 、 Al 、 Fe 、 Zn 等。

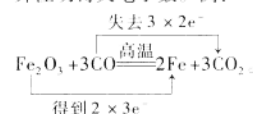
②某些非金属单质:如 H_2 、 C 、 Si 等。

③元素处于低价态的物质:如 CO 、 SO_2 、 HCl 、 H_2S 、 H_2SO_3 、 FeSO_4 等。

3. 氧化还原反应中电子转移的表示方法

(1) 双线桥法

得失电子分开注明,箭头从反应物指向生成物(同种元素),并注明得失电子数。例:



①箭头必须由反应物指向生成物,且两端对准同种元素;

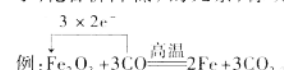
②箭头上要标明“得到”或“失去”的电子数;

③得到、失去电子总数必须相等,即电子守恒;

④箭头方向不代表电子转移的方向,仅表示电子转移前后的变化。

(2) 单线桥法

从被氧化(失电子,化合价升高)的元素指向被还原(得电子,化合价降低)的元素,标明电子数目,不需注明得失。



深化

1. 判断一个反应是否是氧化还原反应,关键要看反应前后元素的化合价是否发生改变。

2. 氧化还原反应与四大基本反应类型之间的关系

(1)置换反应、有单质参加的化合反应和有单质生成的分解反应全部属于氧化还原反应。

(2)有单质参与或生成的反应不一定是氧化还原反应,如反应 $3\text{O}_2 \xrightarrow{\text{放电}} 2\text{O}_3$ 中氧元素的化合价没有发生变化,为非氧化还原反应。

(3)并非所有的化合反应、分解反应都为氧化还原反应,如反应 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{\text{高温}} \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$ 中所有元素的化合价都没有发生变化。

(4)复分解反应中所有元素的化合价都没有发生变化,故复分解反应全部属于非氧化还原反应。

四大基本反应类型和氧化还原反应的关系如图 1-1-1 所示:

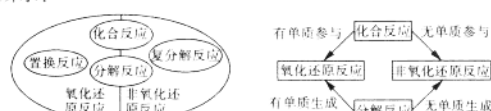


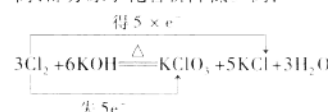
图 1-1-1

3. 氧化还原反应中,氧化剂、还原剂可以是同一种物质,氧化产物、还原产物也可以是同一种物质。当氧化剂和还原剂是同一种物质时,称作自身氧化还原反应,如 $2\text{KClO}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{MnO}_2} 2\text{KCl} + 3\text{O}_2 \uparrow$;被氧化和被还原的也可以是同一种物质中的同一价态的同一元素的自身氧化还原反应,常称为歧化反应,如 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$ 。

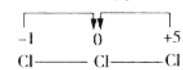
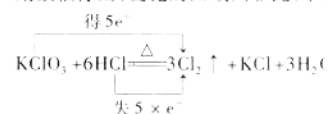
注意

1. 电子转移的表示方法中应注意两类特殊的化学反应。

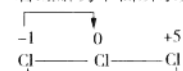
(1)歧化反应:同种元素同价态在反应中部分原子化合价升高,部分原子化合价降低。例:



(2)归中反应:不同价态的同种元素的原子在反应中趋于中间价态,书写此类化学方程式时最好将该元素的不同价态用数轴标出,变化的区域只靠拢,不重叠。例:



若理解为下面所示则是错误的。



2. 强氧化剂与强还原剂相遇时,一般都会发生氧化还原反应。

(1) H_2SO_4 (浓)与金属、 H_2S 、 S^{2-} 、 HI 、 I^- 、 HBr 、 Br^- 、 Fe^{2+} 、 P 等。

(2) Cl_2 与金属、 H_2S 、 S^{2-} 、 HI 、 I^- 、 HBr 、 Br^- 、 Fe^{2+} 、 H_2 、 SO_2 、 SO_3^{2-} 、 H_2SO_3 等。

(3) HNO_3 与金属、 H_2S 、 S^{2-} 、 HI 、 I^- 、 HBr 、 Br^- 、 Fe^{2+} 、 P 、 SO_2 、



SO_3^{2-} 、 H_2SO_3 等。

(4) O_2 与金属、 H_2S 、 S^{2-} 、 HI 、 I^- 、 Fe^{2+} 、 P 、 Si 、 H_2 等。

在实验室中强氧化剂和强还原剂不能存放在同一橱柜中,如 KMnO_4 和活性炭。

考点二 氧化还原反应的基本规律

梳理

1. 守恒规律

在任何氧化还原反应中,氧化剂得到电子总数与还原剂失去电子总数相等。此规律可应用于解氧化还原反应的相关计算题和氧化还原反应方程式的配平。

2. 价态规律

同一元素最高价态只具有氧化性;最低价态只具有还原性;中间价态既具有氧化性,又具有还原性。可简记为:高价氧,低价还,中间价态两边转。

3. 歧化规律

同一种物质分子内同一种元素同一价态的原子(或离子)发生电子转移的氧化还原反应叫歧化反应。歧化反应化合价的特点是:某元素的中间价态在适宜条件下同时向较高和较低的价态转化。歧化反应是自身氧化还原反应的一种,常用于判断某种元素的化合价高低以及有关氧化还原反应方程式的计算。

4. 归中规律

(1) 同种元素间不同价态的氧化还原反应进行时,其产物的价态既不相互交换,也不交错。如 H_2S 与浓硫酸作用: $\text{H}_2\text{S} + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = \text{S} \downarrow + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, H_2S 的氧化产物是 S , H_2SO_4 的还原产物是 SO_2 。但氧化产物和还原产物有可能是同一物质,如 $\text{H}_2\text{S} + 3\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) = 4\text{SO}_2 \uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$, 反应中氧化产物和还原产物都是 SO_2 。

(2) 同种元素相邻价态间不发生氧化还原反应;同种元素的高价态物质与低价态物质,当有中间价态时才有可能发生反应,若无中间价态,则不能反应。如浓硫酸不能氧化 SO_2 。

(3) 同种元素的高价态氧化低价态时可简记为:高到高,低到低,可以归中,不能跨越。

5. 先后规律

同一氧化剂同时与同浓度的若干种还原剂反应,往往是还原性强的先被氧化。如:向 FeBr_2 溶液中滴入少量氯水, Fe^{2+} 先被氧化;而向 FeI_2 溶液中滴入少量氯水,碘离子先被氧化。

深化

氧化性与还原性强弱的判断

(1) 依据原子结构判断

例如,比较 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 的氧化性强弱。 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 三种微粒电子层结构相同,但核电核数依次增大,微粒半径依次减小,故氧化性由强到弱的顺序为 $\text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ 。

(2) 依据元素在周期表中的位置判断

① 同主族元素,从上到下原子还原性增强(氧化性减弱),离子氧化性减弱(还原性增强)。

② 同周期元素,从左向右原子还原性减弱,氧化性增强。

(3) 根据氧化还原程度的大小判断

① 不同还原剂与同一氧化剂反应,看氧化剂被还原的程度。使其呈低价态者还原性强。

② 不同氧化剂与同一还原剂反应,看还原剂被氧化的程度。使其呈高价态者氧化性强。例如: $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\Delta} 2\text{FeCl}_3$, Fe

+ $\text{S} \xrightarrow{\Delta} \text{FeS}$, 氧化能力 $\text{Cl}_2 > \text{S}$ 。

(4) 依据反应条件来判断

当不同的氧化剂作用于同一还原剂时,如氧化产物价态相同,可依据反应条件的难易程度来判断。例如: $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{浓}) = \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4(\text{浓}) \xrightarrow{\Delta} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, 则氧化性:浓 $\text{HNO}_3 >$ 浓 H_2SO_4 。

(5) 以反应物、产物之间的关系判断

对于氧化还原反应一般有如下对应关系:氧化剂 + 还原剂 = 还原产物 + 氧化产物。则氧化性:氧化剂 > 氧化产物,还原性:还原剂 > 还原产物。如根据 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 14\text{HCl}(\text{浓}) = 2\text{KCl} + 2\text{CrCl}_3 + 3\text{Cl}_2 \uparrow + 7\text{H}_2\text{O}$, 可以判断在酸性条件下,氧化性: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 > \text{Cl}_2$, 还原性: $\text{HCl} > \text{CrCl}_3$ 。

(6) 根据金属活动性顺序判断

按照金属活动性顺序,排在前面的金属元素其原子的还原性强,排在后面的金属元素其阳离子的氧化性强。例如,还原性 $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al}$, 氧化性 $\text{Cu}^{2+} > \text{H}^+ > \text{Zn}^{2+}$ (注: Fe 以 +2 价讨论)。

(7) 根据非金属活动性顺序比较

如按 F 、 O 、 Cl 、 Br 、 I 、 S 的顺序从左向右原子氧化性减弱,而阴离子还原性增强。

(8) 根据元素价态高低比较

同种元素一般价态较高者氧化性强。如氧化性: $\text{Fe}^{3+} > \text{Fe}^{2+}$, $\text{Sn}^{4+} > \text{Sn}^{2+}$, $\text{S}(+6) > \text{S}(+4) > \text{S}(0) > \text{S}(-2)$ 。

(9) 根据原电池、电解池的电极反应判断

① 两种不同的金属构成原电池的电极(电解质溶液为酸或盐溶液),还原性:负极金属 > 正极金属。

② 在电解过程中,氧化性越强的金属阳离子优先在阴极放电,还原性强的非金属阴离子优先在阳极放电。

(10) 根据微粒得失电子放出(或吸收)的能量判断

当几种原子获得相同的电子数形成稳定结构的阴离子时,放出的能量越大或形成的离子稳定性越强,则该原子的氧化性越强,反之越弱;同理,当失去电子也一样。

注意

氧化性、还原性强弱不但与物质的性质有关也与外界条件有关;如浓度、温度、溶液的酸碱性等。

1. 浓度

一般而言,同种氧化剂浓度大者氧化性强。如氧化性:浓 $\text{HNO}_3 >$ 稀 HNO_3 。

2. 温度

升高温度氧化剂氧化性增强,还原剂还原性也增强。因此,可根据温度条件判断氧化性和还原性强弱。如:常温下 KMnO_4 可将 HCl 氧化为 Cl_2 , 而 MnO_2 则需加热才能将 HCl 氧化为 Cl_2 , 因此得知氧化性: $\text{KMnO}_4 > \text{MnO}_2$ 。

3. 溶液的酸碱性

一般在酸性环境下,氧化剂的氧化性较强,如酸性条件下 KMnO_4 的氧化能力比中性条件下或碱性条件下的氧化能力强。

考点三 氧化还原反应方程式的配平和计算

梳理

1. 氧化还原反应方程式的配平

(1) 氧化还原反应方程式的配平原则

① 化合价升高总数 = 化合价降低总数(电子守恒)

② 各元素原子个数相等(质量守恒)

③ 对于离子反应,反应前后电荷总数相等(电荷守恒)

(2) 配平的步骤



浙江大学:前身求是书院成立于1897年,是教育部直属的综合性大学,是首批进入国家“211工程”和“985工程”建设的重点大学之一。经过一百多年的建设与发展,浙江大学已成为一所基础坚实、实力雄厚、特色鲜明,居于国内一流水平,在国际上有较大影响的研究型、综合型大学。



标变化→列变化→求总数→配计量数→细检查。

(3) 氧化还原反应方程式的配平方法

①逆向配平法:如果氧化还原反应中氧化剂和还原剂是同一种物质(也称自身氧化还原反应),可以从生成物的一侧配平,即先确定生成物的系数,再确定反应物的系数。

②残缺方程式的配平法:所谓残缺方程式,即某些反应物或生成物的化学式未写出,它们一般为化合价不变的水、酸、碱等。这类方程式的配平,不仅要配平计量数,还要写出未知物质的化学式,其方法是配平含变价元素物质的计量数,再通过比较反应物和生成物,观察增减的原子或离子数确定未知物配平。

③合并配平法:某物质中的元素化合价同时升高或降低,可以将这种物质当作一个整体计算化合价变化总数。

④有机配平法:在有机反应中一般先假设氢元素化合价为+1价,氧元素化合价为-2价,然后再求有机物中碳元素的化合价(根据化合价代数和为零)。

2. 氧化还原反应的有关计算

氧化还原反应比较典型的计算有:求氧化剂与还原剂物质的量之比或质量比,计算参加反应的氧化剂或还原剂的量,确定反应前后某一元素的价态变化等。计算的关键是依据氧化剂得电子总数等于还原剂失电子总数,列出守恒关系式求解。计算公式如下:

氧化剂物质的量 × 变价元素原子的个数 × 化合价的变化值 = 还原剂物质的量 × 变价元素原子的个数 × 化合价的变化值。

氧化还原反应的计算在高考中考查较多,但难度不大,通常运用电子得失守恒来分析,应注意不要漏掉物质或粒子的组成比。

深化

氧化还原反应方程式的配平技巧

(1) 自身氧化还原反应可从化学方程式右边入手。

(2) 有单质参加或生成的反应,以单质为标准计算化合价变化。

(3) 有硫化物参加的反应,以硫化物为标准计算化合价变化。

(4) 有 $A_m B_n$ 型物质参加的反应,可以“定价为零 $A_m B_n$ ”配平。

(5) 有机反应可以写出有机物分子式,确定碳元素价态变化并配平。

(6) 有空缺物质的配平,空缺物一般是介质 H_2SO_4 、 $NaOH$ 或 H_2O 。

(7) 离子方程式配平有时除考虑化合价升降外,还要同时运用电荷守恒来配平待定的化学计量数。

注意

配平氧化还原反应方程式的步骤中“求总数”最为关键。它既是配平方程式的前提和保证,又是配平后再进行相关分析(该总数即最小公倍数正是配平后的反应中的电子转移总数)的依据。要通过察奇偶、虑脚标、整体分析等来求出正确的最小公倍数。

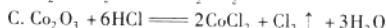
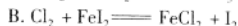
氧化还原反应中凡是求氧化剂与还原剂、氧化产物与还原产物的有关量之比、求元素的价态、求产物(其实也是求元素的化合价)以及电化学中的计算,均可使用电子守恒法来巧解。运用电子得失守恒时,首先确定氧化剂和还原剂,其次确定它们的物质的量和化合价的变化。

2 探究解题新思路

题型一

氧化性、还原性强弱的判断与综合应用

例题1 (2005·江苏)已知 Co_2O_3 在酸性溶液中易被还原成 Co^{2+} , Co_2O_3 、 Cl_2 、 $FeCl_3$ 、 I_2 的氧化性依次减弱。下列反应在水溶液中不可能发生的是



解析 本题主要考查有关氧化剂氧化性强弱的比较。一般地氧化性强的物质可将氧化性弱的物质对应的离子氧化而生成氧化性更弱的该单质,如本题中的 B、C、D 三个选项皆有可能发生;由于 Co_2O_3 、 Cl_2 、 $FeCl_3$ 、 I_2 的氧化性依次减弱,故 Co_2O_3 可氧化 Cl^- 生成 Cl_2 , Cl_2 可氧化 I^- 生成 I_2 , Fe^{3+} 亦可氧化 I^- 而生成 I_2 , 故选项 A 不正确。

答案 A

方法技巧

依据化学(离子)方程式比较物质氧化(还原)性的强弱和依据物质氧化(还原)性的强弱来判断氧化还原反应能否发生及反应的产物是一个问题的两个方面,都可以依据氧化还原反应的“强弱规律”而得到解决。

变式·拓展1 (原创)已知在酸性条件下有以下反应关系:

① $KBrO_3$ 能将 I^- 氧化成 KIO_3 , 本身被还原为 Br_2 ; ② Br_2 能将 I^- 氧化为 I_2 ; ③ KIO_3 能将 I^- 氧化为 I_2 , 也能将 Br^- 氧化为 Br_2 , 本身被还原为 I_2 。

向 $KBrO_3$ 溶液中滴加少量含 KI 的硫酸后,所得产物除水外还有



题型二 氧化还原反应的分析与配平

例题2 (2006·上海)(1)请将5种物质: N_2O 、 $FeSO_4$ 、 $Fe(NO_3)_3$ 、 HNO_3 和 $Fe_2(SO_4)_3$ 分别填入下面对应的横线上,组成一个未配平的化学方程式。



(2) 反应物中发生氧化反应的物质是 _____, 被还原的元素是 _____。

(3) 反应中 1 mol 氧化剂 _____ (填“得到”或“失去”) _____ mol 电子。

(4) 请将反应物的化学式及配平后的系数填入下列相应的位置中:



解析 从提供的这些物质来看, HNO_3 具有强氧化性, $FeSO_4$ 具有还原性。因而发生反应的氧化剂是 HNO_3 , 还原剂是 $FeSO_4$, 方程式为: $FeSO_4 + HNO_3 \rightarrow Fe(NO_3)_3 + Fe_2(SO_4)_3$

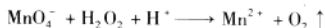


+N₂O+H₂O,配平氧化还原反应方程式,配平后的方程式为:24FeSO₄+30HNO₃====8Fe(NO₃)₃+8Fe₂(SO₄)₃+3N₂O+15H₂O,FeSO₄是还原剂发生氧化反应,被还原的元素是HNO₃中的氮元素;参加反应的30 mol硝酸中作氧化剂的只有6 mol,反应中1 mol氧化剂(HNO₃)得到4 mol电子。
答案 (1)FeSO₄+HNO₃→Fe(NO₃)₃+Fe₂(SO₄)₃+N₂O+H₂O (2)FeSO₄ N (3)得到 4 (4)24FeSO₄+30HNO₃→

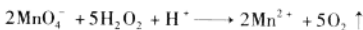
方法探究

写好一个氧化还原反应方程式(包括配平),必须要层次清楚,一要明确反应中发生氧化还原反应的部分和非氧化还原反应的部分(注意元素化合价的变化);二要注意反应发生的环境:酸性环境下H⁺可能参加反应,碱性环境下OH⁻可能参加反应,无酸、无碱的溶液环境下水可能参加反应。以酸性高锰酸钾溶液与双氧水的反应为例,说明氧化还原反应的离子方程式的写法。

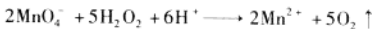
(1)按离子反应方程式的要求,写好氧化剂、还原产物,还原剂、氧化产物的化学式或离子符号



(2)根据电子得失守恒,配平化合价发生变化的原子(氧化还原的部分)



(3)根据电荷守恒,配平两边的电荷



(4)根据质量守恒,配平总原子数(非氧化还原的氢和氧恰好生成水)



写好化学反应方程式也大同小异,写化学式的时候注意环境提供的酸根、金属离子或水参与反应。

(1)将尾气通入氨水中,能发生多个反应,写出其中可能发生的两个氧化还原反应的化学方程式:_____

(2)在尾气与氨水反应所得到的高浓度溶液中,按一定比例加入氨水或碳酸氢铵,此时溶液的温度会自行降低,并析出晶体。①导致溶液温度降低的原因可能是_____;
②析出的晶体可用于造纸工业,也可用于照相用显影液的生产。已知该结晶水合物的相对分子质量为134,则其化学式为_____;
③生产中往往需要向溶液中加入适量的对苯二酚或对苯二胺等物质,其目的是_____

(3)能用于测定硫酸尾气中SO₂含量的是_____(填字母)。

- A. NaOH溶液,酚酞试液 B. KMnO₄溶液,稀H₂SO₄
C. 碘水,淀粉溶液 D. 氨水,酚酞试液

解析 (1)SO₂不易被O₂氧化,当SO₂溶于氨水后生成亚硫酸及亚硫酸盐,亚硫酸及其盐的还原性都增强,易被O₂氧化。(2)①在尾气与氨水反应所得到的高浓度溶液中已经生成大量的副产品铵盐,加入氨水或碳酸氢铵的目的主要是为了增大铵根离子浓度以有利于铵盐的析出,温度降低也有利于铵盐的析出,温度降低的可能原因有电离吸热、水解吸热、溶解吸热、反应吸热等。②根据相对分子质量为134,可利用尝试法判断析出晶体的化学式为(NH₄)₂SO₃·H₂O。③同学们可能不了解对苯二胺的性质,但可从对苯二酚着手,对苯二酚的性质类似于苯酚,易被氧化,因此加入对苯二酚可防止(NH₄)₂SO₃被氧化,即作抗氧化剂。(3)尾气中由于含有SO₃和酸雾,因此不能用碱液吸收法,可利用SO₂的还原性用氧化还原吸收法进行测定。酸性KMnO₄溶液和SO₂反应的离子方程式为:2MnO₄⁻+2H₂O+5SO₂====5SO₄²⁻+2Mn²⁺+4H⁺,碘水和SO₂反应的离子方程式为:I₂+SO₂+2H₂O====SO₄²⁻+2I⁻+4H⁺。

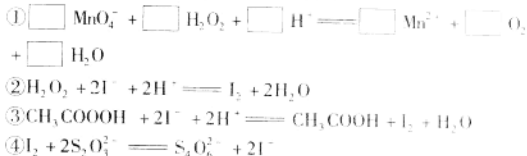
答案 (1)2H₂SO₃+O₂====2H₂SO₄ 2(NH₄)₂SO₃+O₂====2(NH₄)₂SO₄ 2NH₄HSO₃+O₂====2NH₄HSO₄(任填两个)

(2)①反应吸热 (2)(NH₄)₂SO₃·H₂O (3)防止亚硫酸铵被氧化 (3)BC

反思领悟

本题是一道探究性较强的综合性化学问题,以硫酸工业尾气的处理为背景,考查同学们通过分析处理题给信息,得出结论的能力,以及运用化学知识解决相关生产实际问题的能力。题目取材于现行的中学化学教材,但从新的角度进行了深入探讨,真正地考查了同学们的创造性思维能力,这类题对考生来说是公平的,但对死读书的同学来说是很难完成的。同时这类题在客观上也抑制了中学备考中的题海战略。同学们只有真正理解化学,这类题才有可能做好。此类以氧化还原反应结合工农业生产的试题将成为高考试题的新宠。

【变式·拓展3】(2004·全国Ⅱ)抗击“非典”期间,过氧乙酸(CH₃COOOH)是广为使用的消毒剂。它可由H₂O₂和冰醋酸反应制取,所以在过氧乙酸中常含有残留的H₂O₂。测定产品中过氧乙酸浓度c₀涉及下列反应:



题型三 氧化还原反应知识在工农业生产中的综合应用

【例3】(2007·江苏)工业上以硫铁矿为原料制硫酸所产生的尾气中除了含有N₂、O₂外,还含有SO₂、微量的SO₃和酸雾。为了保护环境,同时提高硫酸工业的综合经济效益,应尽可能将尾气中的SO₂转化为有用的副产品。请按要求回答下列问题:

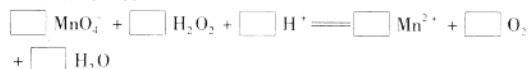


南京大学:教育部直属重点综合性大学,坐落在六朝古都南京。国家首批“211工程”建设高校,“985工程”重点建设高校,也是国内办学历史最悠久的高等学府之一。



请回答以下问题:

(1) 配平反应①的离子方程式(将配平后的化学计量数填入相应的方框内):



(2) 用 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定 I_2 时(反应④)选用的指示剂是_____。

(3) 取 b_0 mL 待测液,用硫酸使溶液酸化,再用浓度为 $a_1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 KMnO_4 标准溶液滴定其中的 H_2O_2 ,耗用的 KMnO_4 溶液体积为 b_1 mL(反应①,滴定过程中 KMnO_4 不与

过氧乙酸反应)。

另取 b_0 mL 待测液,加入过量的 KI ,并用硫酸使溶液酸化,此时过氧乙酸和残留的 H_2O_2 都能跟 KI 反应生成 I_2 (反应②和③)。再用浓度为 $a_2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 标准溶液滴定生成的 I_2 ,耗用的 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液体积为 b_2 mL。

请根据上述实验数据计算过氧乙酸的浓度(用含 a_1 、 a_2 、 b_0 、 b_1 、 b_2 的代数式表示): $c_0 =$ _____。

(4) 为计算待测液中过氧乙酸的浓度 c_0 ,加入的 KI 的质量过量但没有准确称量,是否影响测定结果(填“是”或“否”)。

3 展望命题新动向

动向 · 氧化还原反应与化工生产

塑料制品经过电镀金属层后,具有质量轻、能导电、外表美观的特点,因此塑料电镀工艺已广泛应用于电子、光学仪器、机床按钮和轻工产品等各方面。电镀过程属于氧化还原过程,类似于电镀,化工生产中涉及的大部分化学原理均与氧化还原反应有关,因此结合化工生产考查氧化还原反应方程式的书写与计算成了高考的热点。

命题 1 (改编) NaBH_4 被称为有机化学中的“万能还原剂”,也是许多有机反应的催化剂,在有机化学里有极其广泛的用途。

(1) 在 20 世纪 60 年代,德国拜耳药厂用下面的化学方程式把 NaBH_4 的合成发展成工业规模: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + \text{Na} + \text{H}_2 + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{NaBH}_4 + \text{Na}_2\text{SiO}_3$,请配平这个化学反应方程式。

(2) NaBH_4 易溶于水,并能和水反应放出氢气。设以 BO_2^- 表示产物里硼的价态,试写出这个反应的离子方程式。

(3) NaBH_4 和水的反应速率受温度、浓度以及溶液的 pH 控制,根据所学化学知识来说明, pH 怎样控制 NaBH_4 和水反应的速率?

(4) NaBH_4 可以将许多金属离子还原成金属,并使得到的金属沉积在金属、玻璃、陶瓷或塑料上,从而有广泛的应用场合。例如它把镍沉积在玻璃上,形成极薄的镍膜,用于高层建筑物的太阳能电池,把金或铜沉积在塑料上形成印刷线路板,还原废液里的贵金属等,试以 Ru^{3+} 为例写出一个配平的离子方程式。

解析 (1) 从题目给出的反应式不难发现该反应是一个氧化还原反应,在反应中钠应是还原剂,那么什么元素被还原? 硅元素明显不可能,硼元素也不可能,因为硼元素在元素周期表中处于第三主族,根据元素周期表知识,硼元素没有负化合价,那只能是氢元素。由此得出在反应中氢气是氧化剂, NaBH_4 中氢元素是 -1 价(这是对氢元素原有知识的发展)。根据氧化还原反应配平的一般方法,不难得出: $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 16\text{Na} + 8\text{H}_2 + 7\text{SiO}_2 = 4\text{NaBH}_4 + 7\text{Na}_2\text{SiO}_3$ 。

(2) 根据问题(1)得出的 NaBH_4 中氢元素为 -1 价的结论,可以分析出 NaBH_4 与水反应放出氢气的实质就是 NaBH_4 中 -1 价的氢元素被水中 +1 价的氢元素所氧化,发生归中反应,反应的离子方程式为 $\text{BH}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{BO}_2^- + 4\text{H}_2 \uparrow$ 。

(3) 由问题(2)的分析可知:当溶液中 H^+ 越大时, BH_4^- 被氧化的速率越快,即溶液的 pH 越小,反应速率就越大,溶液的 pH 越大,反应速率就越小。

(4) 本小题的解答必须把握两个关键:一是判断 BH_4^- 的氧

化产物。若根据第(2)小题的解答确定为氢气(负迁移),则不符合实际,因为有害气体产生会影响镀层质量,这是易被忽略的常识,只能将“信息”加以改造,将 BH_4^- 氧化为正价态氢,这是对原有信息的发展和改造。二是判断溶液的酸碱性。要保证镀层质量(匀而薄), Ru^{3+} 沉积的速率宜慢,这里应敏捷地发现第(3)小题的暗示,把控制反应速率的方法同溶液的酸碱性联系起来(这需要思维的敏捷性),从而判断出反应时溶液应呈碱性,这样不难得出如下的离子方程式: $8\text{Ru}^{3+} + 3\text{BH}_4^- + 24\text{OH}^- = 3\text{BO}_2^- + 8\text{Ru} + 18\text{H}_2\text{O}$ 。

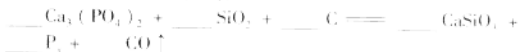
答案 (1) $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 16\text{Na} + 8\text{H}_2 + 7\text{SiO}_2 = 4\text{NaBH}_4 + 7\text{Na}_2\text{SiO}_3$ (2) $\text{BH}_4^- + 2\text{H}_2\text{O} = \text{BO}_2^- + 4\text{H}_2 \uparrow$ (3) 溶液的 pH 越小,反应速率就越大,溶液的 pH 越大,反应速率就越小 (4) $8\text{Ru}^{3+} + 3\text{BH}_4^- + 24\text{OH}^- = 3\text{BO}_2^- + 8\text{Ru} + 18\text{H}_2\text{O}$ 。

热点探究

近几年高考命题除注重基本概念考查外,还特别注重将化工生产要素分析与氧化还原反应方程式配平、物质的分析推断结合在一起考查同学们的综合分析能力。但解题时万变不离其宗即化合价升降法是配平氧化还原反应方程式之“本”,电子转移和电子守恒、电荷守恒是分析与计算氧化还原反应问题之“魂”。

前瞻·预测 1 (原创) 工业上将磷酸钙、石英砂和炭粉混合在电炉中焙烧来制取白磷:

(1) 配平下列化学方程式:



(2) 反应得到的 P_4 蒸气的密度是相同条件下氢气的 62 倍,据此计算反应制得白磷的相对分子质量为_____。

(3) 根据以上计算推断白磷的分子式为_____,其空间结构为_____,其键角为_____。

(4) 白磷在空气中不完全燃烧得到磷的氧化物,其分子组成可认为白磷分子中的全部 P—P 键断裂后嵌入一个氧原子,则该氧化物的化学式为_____。

动向二 氧化还原反应与化工分析

最近,无锡电视台播着一条公益广告:“汽车脏了,我们用水洗;马路脏了,我们用水洗;可是水脏了,我们用什么洗呢?”自 2007 年 5 月 28 日起,无锡市陆续有居民发现,家里水龙头里流出的水带着难以忍受的臭味。由于地球平均气温年复一年的升高,蓝藻——在 35 亿年前地球上就有的植物,开始



在太湖水域中疯狂生长——造成了水体极富营养化。水体污染程度的指标常用 DO、BOD、COD 表示,溶解在水中的氧称为溶解氧——DO,溶解氧以分子状态存在于水中,水中溶解氧的量是水质的重要指标之一。地面水水体中微生物分解有机物的过程中消耗水中溶解氧的量,称为生化需氧量,通常记为 BOD。水体中能被氧化的物质在规定条件下进行化学氧化过程中所消耗氧化剂的量,以每升水样消耗氧的毫克数表示,通常记为 COD。

例 2 (改编)为了度量水中有机物等还原性污染物的含量,通常把 1 L 水样与强氧化剂完全作用时消耗氧化剂的量,折算成以氧气为氧化剂时的耗氧量(O_2 mg · L⁻¹)来表示,称为该水的化学耗氧量(COD)。我国明文规定:COD > 500 mg · L⁻¹ 的污水不能直接排放。

为测定某工业废水的 COD,实验如下:量取废水样品 20.00 mL,加入 0.100 mol · L⁻¹ $KMnO_4$ 溶液 10.00 mL 和少量稀硫酸,在一定条件下充分反应后,再用 0.200 mol · L⁻¹ 的草酸钠($Na_2C_2O_4$)溶液滴定过量的 $KMnO_4$ 溶液,达到终点时消耗 $Na_2C_2O_4$ 溶液 11.00 mL。

(1)写出在酸性介质中 $KMnO_4$ 与 $Na_2C_2O_4$ (氧化产物 CO_2) 反应的离子方程式:

(2)计算该水样的 COD,写出计算过程。

解析 (1) $2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \rightleftharpoons 2Mn^{2+} + 10CO_2 \uparrow + 8H_2O$

(2) $n(KMnO_4) = 0.100 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 10.00 \text{ mL} \times 10^{-3} L \cdot mL^{-1} = 1.00 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$n(Na_2C_2O_4) = 0.200 \text{ mol} \cdot L^{-1} \times 11.00 \text{ mL} \times 10^{-3} L \cdot mL^{-1} = 2.20 \times 10^{-3} \text{ mol}$

根据 $2KMnO_4 \sim 5Na_2C_2O_4$ 可知:

过量的 $KMnO_4$ 为 $\frac{2}{5} \times 2.20 \times 10^{-3} \text{ mol} = 8.80 \times 10^{-4} \text{ mol}$,

20.00 mL 水样消耗的 $KMnO_4$ 为 $1.00 \times 10^{-3} \text{ mol} - 8.80 \times 10^{-4} \text{ mol} = 1.20 \times 10^{-4} \text{ mol}$

根据得失电子守恒有 $4KMnO_4 \sim 5O_2$

相当于 1 L 水样消耗的 O_2 的质量为 $\frac{5}{4} \times 1.20 \times 10^{-4} \text{ mol} \times$

$\frac{1.000 \text{ mL}}{20.00 \text{ mL}} \times 32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \times 10^3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} = 240 \text{ mg}$

答案 (1) $2MnO_4^- + 5C_2O_4^{2-} + 16H^+ \rightleftharpoons 2Mn^{2+} + 10CO_2 \uparrow + 8H_2O$ (2) 240 mg · L⁻¹

前瞻·预测 2 (改编)马来西亚盛产锡器(原料是锡、铜的合金,其中锡的质量分数在 95%~98% 之间。由于其独特的生产工艺,马来西亚生产的锡器不但外形美观,做工精致,而且密封性能非常好,可以长时间保存茶叶、酒等而不至变质。某超市从马来西亚批发了一些锡制茶叶罐,为了检验这些锡器的真伪,该超市聘请某研究员进行了如下实验:

①在锡器上刮取少量锡,用分析天平称得质量为 0.589 g;

②将 0.589 g 锡全部溶于稀盐酸;

③向②中所得溶液加入过量的 $FeCl_3$ 溶液;

④最后用已知浓度的 $K_2Cr_2O_7$ 溶液滴定③中生成的 Fe^{2+} (提示:Cr 在还原产物中呈 +3 价)。

(1)写出第②、③步中化学反应的离子方程式:

第 2 步 _____;

第 3 步 _____;

(2)第 4 步中 $K_2Cr_2O_7$ 物质的量浓度为 0.100 mol · L⁻¹,用去 $K_2Cr_2O_7$ 溶液的体积为 16.00 mL。该超市所购回的锡器是真的吗?

4 优化考题新演练

A. 能力检测

(答案详见 341)

1. (2008 · 北京西城抽样) 下列叙述正确的是 ()
- 发生化学反应时失去电子越多的金属原子,还原能力越强
 - 金属阳离子被还原后,一定得到该元素的单质
 - 核外电子总数相同的原子,一定是同种元素的原子
 - 化合反应和置换反应均属于氧化还原反应

2. 在常温下,发生下列几种反应:① $16H^+ + 10Z^- + 2XO_3^- \rightleftharpoons 2X^{2+} + 5Z_2 + 8H_2O$ ② $2A^{2+} + B_2 \rightleftharpoons 2A^{3+} + 2B^-$ ③ $2B^- + Z_2 \rightleftharpoons B_2 + 2Z^-$ 根据上述反应,判断下列结论错误的是 ()

- 溶液中可发生: $Z_2 + 2A^{2+} \rightleftharpoons 2A^{3+} + 2Z^-$
- Z_2 在①③反应中为还原剂
- 氧化性强弱的顺序为: $XO_3^- > Z_2 > B_2 > A^{3+}$
- X^{2+} 是 XO_3^- 的还原产物

3. (2008 · 北京海淀期末) 为监测空气中汞蒸气是否超标,通过悬挂涂有 CuI (白色) 的滤纸,根据滤纸是否变色(亮黄色至暗红色)及变色所需时间来判断空气中的汞含量。发生的化学反应为: $4CuI + Hg \rightleftharpoons Cu_2HgI_4 + 2Cu$ 。下列说法不正确的是 ()

- 上述反应属于置换反应
- 该反应中的氧化剂为 CuI
- Cu_2HgI_4 既是氧化产物又是还原产物

- 当有 1 mol CuI 参与反应时,转移电子的物质的量为 0.5 mol

4. (2007 · 济南模拟) 同位素示踪法可用于反应原理的研究,下列反应或转化中同位素示踪表示正确的是 ()

- $2Na^{18}O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 4Na^{18}OH + O_2 \uparrow$
- $2KMnO_4 + 5H^{18}O_2 + 3H_2SO_4 \rightleftharpoons K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5^{18}O_2 \uparrow + 8H_2O$
- $NH_4Cl + ^2H_2O \rightleftharpoons NH_3 \cdot ^2H_2O + HCl$
- $K^{37}ClO_3 + 6HCl \rightleftharpoons K^{37}Cl + 3Cl_2 \uparrow + 3H_2O$

5. 在 100 mL 含等物质的量 HBr 和 H_2SO_4 的溶液里通入 0.01 mol Cl_2 ,有一半 Br^- 变为 Br_2 。原溶液中 HBr 和 H_2SO_4 的浓度都等于 ()

- 0.007 5 mol · L⁻¹
- 0.001 8 mol · L⁻¹
- 0.075 mol · L⁻¹
- 0.08 mol · L⁻¹

6. (2007 · 石家庄二中模拟) 氯气跟氢氧化钾溶液在一定条件下发生如下反应: $Cl_2 + KOH \rightleftharpoons KX + KY$ (未配平), KX 在一定条件下能自身反应: $KX \rightleftharpoons KY + KZ$ (未配平, KY 与 KZ 关系比为 1:3),以上 KX 、 KY 、 KZ 均是一元酸的钾盐,由以上条件推知在 KX 中氯的化合价是 ()

- +1
- +3
- +5
- +7

7. (2007 · 北京模拟) 某一反应体系中有反应物和生成物共 5 种物质: S 、 H_2S 、 HNO_3 、 NO 、 H_2O 。已知水是反应产物之一。

(1)该反应中的还原剂是 _____



西安交通大学: 国家教育部直属重点大学,其前身是 1896 年创建于上海的南洋公学。是首批进入国家“211 工程”建设的大学之一,西安交通大学是一所具有理工特色,涵盖理、工、医、经济、管理、文、法、哲、教育等 9 个学科门类的综合型、研究型大学。

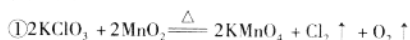


(2)该反应中的还原产物是_____。

(3)写出该反应的化学方程式并标出电子转移的方向和数目_____。

(4)若反应过程中转移了 0.3 mol 电子,则生成水的质量是_____。

8. 在氯酸钾的分解反应中,关于二氧化锰的催化机理到目前还没有肯定的解释。鉴于反应制得的氧气中有氯气的气味,生成的 KCl 又略带紫红色的客观事实,一种分析认为其反应过程如下:



试回答下列问题:

(1)氯酸钾分解反应的总化学方程式为_____,若有 1.5 mol KClO₃ 完全分解可制得氧气的质量为_____。

(2)反应①中的氧化剂是_____,生成 1 mol O₂ 转移电子物质的量_____。

(3)按上述三步反应过程分析,若要制得 6 mol O₂,总共有_____mol 电子发生转移。

9. 工业上制备单质碘的方法之一是从碘酸盐开始的。第一步先用适量的亚硫酸氢盐将碘酸盐还原成碘化物,离子方程式为 $\text{IO}_3^- + 3\text{HSO}_3^- \longrightarrow \text{I}^- + 3\text{SO}_4^{2-} + 3\text{H}^+$ 。第二步将第一步得到的酸性碘化物溶液再跟适量的碘酸盐溶液混合,发生反应析出了碘。试问:

(1)第二步发生反应的离子方程式是_____。

(2)若要使碘酸盐的利用率最高,碘酸盐在第一步和第二步反应中的用量之比为_____。

(3)①配平下列离子方程式:



②已知有 3.21 g Fe(OH)₃ 参加反应,共转移了 5.42×10^{22} 个电子,则 $n = \underline{\hspace{1cm}}$,FeO₄²⁻ 中铁的化合价为_____。

③根据(1)(2)推测,FeO₄²⁻ 能和下列_____ (只填字母)物质反应。

- A. KMnO₄ B. SO₂ C. H₂S D. O₂

10. 土壤中有机物质含量的高低是判断土壤肥力的重要指标,通常通过测定土壤中碳的含量来换算。方法如下:准确称量一定量的风干土样(m g),加入已知过量的 K₂Cr₂O₇ 酸性溶液煮沸,使土壤中的“碳”被氧化,反应的化学方程式为: $2\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{C} + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{CO}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$;然后用 FeSO₄ 溶液(浓度为 $c \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$)滴

定剩余的 K₂Cr₂O₇,用去 FeSO₄ 溶液 V_1 mL。另取一份同量的 K₂Cr₂O₇ 酸性溶液,也用相同的 FeSO₄ 溶液滴定,用去 V_2 mL。

(1)写出 FeSO₄ 溶液和 K₂Cr₂O₇ 酸性溶液反应的化学方程式,并标出电子转移的方向和数目_____。

(2)若上述实验中 $m = 2.0 \text{ g}$, $c = 0.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, $V_1 = 19.5 \text{ mL}$, $V_2 = 42.7 \text{ mL}$;另知上述方法中具有 95% 的 C 被氧化,且有机物质中碳的平均含量为 58%。试计算上述土壤有机物质的质量分数_____。

B. 高考回放

(答案详见 342)

1. (2005 · 全国 II) 某酒精厂由于管理不善,酒精滴漏到某种化学物品上而酿成火灾。该化学物品可能是 ()

A. KMnO₄ B. NaCl C. (NH₄)₂SO₄ D. CH₃COOH

2. (2007 · 全国 I) 下列氧化还原反应中,水作为氧化剂的是 ()

- A. $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{高温}} \text{CO}_2 + \text{H}_2$
B. $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{HNO}_3 + \text{NO}$
C. $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$
D. $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 4\text{HF} + \text{O}_2$

3. (2007 · 全国 I) 已知氧化还原反应: $2\text{Cu}(\text{IO}_3)_2 + 24\text{KI} + 12\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{CuI} \downarrow + 13\text{I}_2 + 12\text{K}_2\text{SO}_4 + 12\text{H}_2\text{O}$, 其中 1 mol 氧化剂在反应中得到的电子为 ()

A. 10 mol B. 11 mol C. 12 mol D. 13 mol

4. (2007 · 上海) 氧化还原反应中实际上包含氧化和还原两个过程。下面是一个还原过程的反应式: $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3\text{e}^- \longrightarrow \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$, KMnO₄、Na₂CO₃、Cu₂O、Fe₂(SO₄)₃ 四种物质中的一种物质(甲)能使上述还原过程发生。

(1)写出并配平该氧化还原反应的方程式:_____。

(2)反应中硝酸体现了_____、_____性质。

(3)反应中若产生 0.2 mol 气体,则转移电子的物质的量是_____mol。

(4)若 1 mol 甲与某浓度硝酸反应时,被还原的硝酸的物质的量增加,原因是_____。

第二讲 离子反应

1 研习考纲重难点

考点一 电解质、非电解质、强电解质、弱电解质的理解

梳理

1. 电解质、非电解质

(1) 电解质、非电解质的概念

电解质:在水溶液里或熔融状态下能够导电的化合物叫做电解质。

非电解质:在水溶液里和熔融状态下均不能导电的化合物叫做非电解质。

理解概念的关键:①化合物;②在水溶液里或熔融状态下能否导电(即自身能否电离)。

如单质 Fe、氯水(混合物)均能导电,但不是电解质;酒精的水溶液(混合物)不能导电,但也不是非电解质。

(2) 电解质的电离条件



离子化合物(如大多数盐、强碱等)既能在水溶液中又能熔融状态下发生电离、导电;而共价化合物(如液态的酸:液态 HCl、纯硫酸、纯硝酸等)只能在水溶液中发生电离、导电,在熔融状态下不能发生电离、导电。如在水溶液中 NaHSO_4 发生如下电离: $\text{NaHSO}_4 = \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$; 而其在熔融状态下发生如下电离: $\text{NaHSO}_4 = \text{Na}^+ + \text{HSO}_4^-$ 。因此可以通过熔融是否导电,来证明物质是离子化合物还是共价化合物,离子化合物在熔融状态时可以导电,共价化合物在熔融状态时不导电。

2. 强电解质、弱电解质

(1) 强电解质、弱电解质的概念

强电解质:在水溶液里全部电离成离子的电解质。

弱电解质:在水溶液里只有一部分分子电离成离子的电解质。

(2) 常见的强电解质

①“六强酸”: H_2SO_4 、 HNO_3 、 HCl 、 HBr 、 HI 、 HClO_4 。

② I A、II A 大多数元素形成的碱——强碱,如: NaOH 、 KOH 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 等。

③ 大多数的盐

3. 电离方程式的书写

(1) 强电解质,完全电离用“ $=$ ”,如: $\text{CH}_3\text{COONH}_4 = \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$ 。

(2) 弱电解质,部分电离用“ $\rightleftharpoons$ ”,如: $\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$ 。

(3) 多元弱酸,分步电离,以第一步为主,如: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$, $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ 。

(4) 多元弱碱一步电离,如 $\text{Cu}(\text{OH})_2 \rightleftharpoons \text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^-$ 。

(5) 酸式盐:强酸的酸式盐完全电离,一步完成,如: $\text{NaHSO}_4 = \text{Na}^+ + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ 。

弱酸的酸式盐强中有弱,分步完成,如 $\text{NaHCO}_3 = \text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$, $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$ 。

(6) 两性化合物的双向电离,如 $\text{AlO}_2^- + \text{H}^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$ 。

深化

弱电解质的判断,以 CH_3COOH 为例,可从以下角度来判断 CH_3COOH 是弱电解质:

(1) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液,测其 pH 大于 1。

(2) 测 CH_3COONa 溶液的 pH 大于 7。

(3) 取 pH = 3 的 CH_3COOH 溶液 1 mL,用水稀释到 100 mL 后,测其 pH 小于 5。

(4) pH 相同的盐酸和 CH_3COOH 溶液,取相同体积分别用标准 NaOH 溶液测浓度, CH_3COOH 溶液消耗的 NaOH 溶液体积大。

(5) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸与过量的 Mg 反应,当加入 CH_3COONa 晶体后,反应速率减慢,但生成氢气的总量不变。

(6) $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸和 CH_3COOH 溶液,分别与 Mg 反应,起始时 CH_3COOH 溶液的反应速率慢。

(7) pH 与体积均相同的盐酸和 CH_3COOH 溶液,分别与过量的 Mg 反应,生成氢气的总量 CH_3COOH 大于 HCl。

(8) pH 相同的盐酸和 CH_3COOH 溶液与 Mg 反应, CH_3COOH 溶液反应速率减小得慢。

(9) 向 pH = 3 的盐酸中加入 CH_3COONa 晶体,其 pH 增大。

(10) 分别测同体积 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液和盐酸的导电性, HCl 强于 CH_3COOH 。

注意

1. 电解质与非电解质的判断方法

依据定义进行判断,电解质的本质特征是能发生电离,不能电离的一定不是电解质。如 NH_3 的水溶液能导电,但 NH_3 与氨水均不是电解质,因为 NH_3 溶于水后,发生如下

反应: $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 发生如下电离: $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$, 可见在氨水中 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 是电解质, NH_3 不能电离,是非电解质,氨水是混合物,既不是电解质也不是非电解质。

注意:(1)不要认为所给物质不是电解质就是非电解质,如 Cu、 Cl_2 等单质既不是电解质,也不是非电解质。

(2)电解质不一定导电,不导电的物质不一定是非电解质。

(3)非电解质不导电,导电物质不一定是电解质。

(4)电解质必须是化合物本身电离出离子,否则不属于电解质,如 CO_2 、 SO_2 、 NH_3 、 Cl_2 等物质的水溶液虽能导电,但它们并不是电解质,因为它们是它们与水反应生成了电解质。

2. 电解质的强、弱与溶液的导电性、溶解度之间的关系

CaCO_3 、 BaSO_4 等难溶性的盐投入水中,尽管其水溶液中离子浓度小,溶液的导电能力差,但在水溶液中的部分(溶解的部分)是完全电离的,故它们是强电解质。

3. 电解质溶液的导电能力与溶液中自由移动的离子的浓度有关,离子的浓度越大,溶液的导电能力越强。所以同浓度的强电解质溶液其导电能力超过弱电解质溶液;但当强电解质溶液的浓度很小时,弱电解质溶液的浓度很大时,有可能后者的导电能力超过前者,所以“盐酸的导电能力比醋酸强”这句话是错误的。

考点二 离子方程式的意义和实质

梳理

1. 离子反应发生的条件

(1) 不发生氧化还原的离子反应

条件	类型	实例(具体物质或化学反应)	共同点
①有难溶物质生成	生成不溶于水的物质	CaCO_3 、 FeS 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 、 H_2SiO_3	一般来讲,离子反应总是朝着某种粒子浓度减小的方向进行
	生成不溶于酸的物质	AgCl 、 AgBr 、 AgI 、 BaSO_4 、 CuS	
	生成溶解度相对较小的物质	$\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCO}_3 + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons{\Delta} \text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \uparrow$, $\text{AgCl} + \text{I}^- = \text{AgI} + \text{Cl}^-$, $\text{NaCl}(\text{饱和}) + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{NaHCO}_3 \downarrow + \text{NH}_4\text{Cl}$	
②有难电离物质生成	生成弱酸或弱碱	CH_3COOH 、 HClO 、 $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
	生成难电离的离子	HCO_3^- 、 H_2PO_4^- 、 $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	
	生成其他难电离物质	$\text{Fe}(\text{SCN})_3$ 、 H_2O	
③有易挥发物质生成	通常情况下在水中溶解度不大	CO_2 、 H_2S	
	溶液浓度较大或受热时易挥发	NH_3	



常见根价口诀:一价铵根硝酸根,氢卤酸根氢氧根,高锰酸根氯酸根,高氯酸根醋酸根;二价硫酸碳酸根,亚硫酸根锰酸根;暂记铵根为正价,负三有个磷酸根。



(2) 发生氧化还原反应的离子反应

溶液中常见的离子发生氧化还原反应的情况见下表(“√”表示能发生反应,“×”表示不能发生反应,括号内注“H⁺”表示酸性条件):

	S ²⁻	SO ₃ ²⁻	I ⁻	Fe ²⁺	Br ⁻	Cl ⁻ (H ⁺)
MnO ₄ ⁻	√	√	√	√	√	√
ClO ⁻	√	√	√	√	√	√
NO ₃ ⁻ (H ⁺)	√	√	√	√	√	×
Fe ³⁺	√	√	√	×	×	×

另外,如 H⁺ 和 S₂O₃²⁻ 相遇, H⁺、S²⁻ 和 SO₃²⁻ 相遇时也会发生氧化还原反应。

2. 离子方程式的意义

不仅可以表示某一个具体的化学反应,而且还可以表示同一类型的离子反应。

3. 离子方程式的书写

(1) 化学式拆分的规则

应该拆成离子形式的物质类型有已电离且可溶的强电解质,不能拆成离子形式的物质类型有难溶物、难电离物质、易挥发性物质、单质、氧化物等。微溶物视具体情况而定,若微溶物浓度较大甚至已出现浑浊,则应当当成难溶物不能拆分;若浓度较小,溶液澄清,则应当当成易溶物拆成离子形式。

(2) 书写离子方程式的步骤

在书写离子方程式时,应认真分析化学反应的本质,找出实际参加反应的粒子,根据上述化学式的拆分规则,直接书写离子方程式,例如小苏打和烧碱溶液反应,离子方程式为 $\text{OH}^- + \text{HCO}_3^- = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$ 。

对于比较复杂的离子反应,如向溴水中通入 SO₂ 气体(能使溶液颜色褪去):

① 写出参加反应的粒子和生成物粒子的符号

该反应中氧化剂是 Br₂,还原产物是 Br⁻,还原剂是 SO₂,氧化产物是 SO₄²⁻。

② 根据电子守恒确定氧化剂、还原剂、氧化产物和还原产物的化学计量数



③ 根据质量守恒及电荷守恒,补充参加反应的其他粒子

观察发现生成物中负电荷比反应物中多 4 个单位,生成物比反应物多 2 个氧原子,因此缺少的反应物是 H₂O,缺少的生成物是 H⁺,将所有反应物和生成物都写出后再配平,离子方程式为 $2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2 + \text{SO}_2 = 4\text{H}^+ + 2\text{Br}^- + \text{SO}_4^{2-}$ 。

(3) 离子方程式的正误判断

离子反应方程式书写错误的主要类型有:①不符合客观事实;②化学式的拆分不正确;③反应物间量的关系不正确;④不符合质量守恒;⑤不符合电荷守恒;⑥不符合电子守恒等。

深化

特殊情况下离子方程式的书写

(1) 对于微溶物的处理有三种情况

① 在生成物中有微溶物析出时,微溶物用化学式表示,如 Na₂SO₄ 溶液中加入 AgNO₃ 溶液: $2\text{Ag}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{Ag}_2\text{SO}_4 \downarrow$ 。

② 当反应物里有微溶物处于溶液状态(稀溶液),应写成离子形式。如 CO₂ 气体通入澄清石灰水中: $\text{CO}_2 + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

③ 当反应物里有微溶物处于浊液或固态时,应写成化学式。如在石灰乳中加入 Na₂CO₃ 溶液,因为石灰乳中大部分 Ca(OH)₂ 未溶解,以未电离的 Ca(OH)₂ 为主,电离的 Ca(OH)₂ 很少,所以应写成化学式: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{OH}^-$ 。

口诀:“谁”为主,就写“谁”。

(2) 有 NH₃ 参加或生成的反应

氨水作为反应物时写成 NH₃·H₂O 或 NH₃;作为生成物,若有加热条件或浓度很大时,应写为 NH₃。

(3) 固体与固体间的反应不能写离子方程式,如 NH₄Cl 固体和熟石灰反应制取 NH₃。浓 H₃PO₄、浓 H₂SO₄ 参加反应时不写成离子形式,如 Cu 与浓 H₂SO₄ 反应。而浓 HNO₃、浓 HCl 则可写成离子形式,如 Cu 与浓 HNO₃ 反应可写成: $\text{Cu} + 4\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- = \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

MnO₂ 与浓 HCl 共热可写成: $\text{MnO}_2 + 4\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\Delta} \text{Mn}^{2+} + \text{Cl}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$,所以未处于自由移动离子状态的反应不能写离子方程式。

(4) 多元弱酸的酸式酸根离子,在离子方程式中不能拆开写。如 HCO₃⁻ 不能写成 H⁺ + CO₃²⁻。注意 HSO₄⁻ 在溶液中要写成离子形式 H⁺ + SO₄²⁻。

口诀:“弱”的不拆开,“强”的全拆开。

(5) 生成的产物可与过量的物质继续反应的离子反应:NaOH 与 AlCl₃ 溶液(足量或不足量),NaAlO₂ 溶液通入 CO₂(少量或过量),Ba(OH)₂ 溶液通入 CO₂(少量或过量),NaAlO₂ 溶液加 HCl(少量或过量),有关离子方程式都有区别。

这类离子反应,要注意题给条件,判断产物是否与过量物质继续反应,以正确确定产物形式。(注意:向 C₆H₅ONa、NaClO 溶液中通入 CO₂ 少量或过量离子反应方程式是一样的。)

(6) 酸式盐与量有关的离子反应

如 NaHSO₄ 溶液加入过量的 Ba(OH)₂,因为 Ba(OH)₂ 过量,NaHSO₄ 溶液中的 H⁺ 和 SO₄²⁻ 均参加反应,所以参加反应的 H⁺ 和 SO₄²⁻ 与原溶液中的 H⁺ 和 SO₄²⁻ 相等,原溶液中的 H⁺ 和 SO₄²⁻ 物质的量之比为 1:1,即在离子反应方程式中 H⁺ 和 SO₄²⁻ 物质的量之比为 1:1,离子反应方程式如下: $\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} + \text{OH}^- + \text{Ba}^{2+} = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

(7) 较特殊且与量有关的离子反应,这类离子反应要求量与其他因素统筹兼顾。

如 Mg(HCO₃)₂ 溶液与过量 NaOH 溶液反应,不可忽视 Mg(OH)₂ 比 MgCO₃ 更难溶,更稳定;明矾与足量 Ba(OH)₂ 溶液反应,不可忽视 Al(OH)₃ 的两性;NH₄HSO₄ 溶液与足量 Ba(OH)₂ 溶液反应,不可忽视 NH₃·H₂O 也是弱电解质;新制氯水与少量 FeBr₂ 溶液反应,不可忽视 Fe²⁺、Br⁻ 都能被氯气氧化等。

(8) 混合顺序不同,离子反应不同,这类离子反应应注意各物质质量的变化。

如:NaOH 与 AlCl₃ 溶液、Na₂CO₃ 与 HCl、Na₂S 与 FeCl₃、氯水与 FeBr₂、NH₃·H₂O 与 AgNO₃、NH₃·H₂O 与 CuSO₄ 等。

注意

1. 离子方程式书写的基本规律要求

(1) 合事实:离子反应要符合客观事实,不可臆造产物及反应。

(2) 式正确:化学式与离子符号使用正确、合理。

(3) 号实际:“=”、“—”、“>”、“↑”、“↓”等符号符合实际。



(4) 两守恒: 两边原子数、电荷数必须守恒(氧化还原反应离子方程式中氧化剂得电子总数与还原剂失电子总数要相等)。

(5) 明类型: 分清类型, 注意少量、过量等。

(6) 检查细: 结合书写离子方程式过程中易出现的错误, 细心检查。

2. 纵观近几年高考试题, “离子方程式的正误判断”题型的再现率达 100%, 而且这类试题的失分率居高不下。现对这类试题的设错方式进行归类、分析, 总结如下:

(1) 不符合客观事实, 错写反应产物。

如 $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{S}^{2-} = \text{Fe}_2\text{S}_3$, Fe^{3+} 有氧化性, S^{2-} 有还原性, Fe^{3+} 可将 S^{2-} 氧化为 S , 即 $2\text{Fe}^{3+} + \text{S}^{2-} = 2\text{Fe}^{2+} + \text{S} \downarrow$ 。

(2) 混淆化学式和离子式的书写形式。

如 NH_3 通入醋酸溶液中: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NH}_3 = \text{CH}_3\text{COONH}_4$, 错在将强电解质拆分成 $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{NH}_4^+$ 。

(3) 漏写部分离子反应。

如 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与 H_2SO_4 溶液反应: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow$, 学生只注意了 Ba^{2+} 与 SO_4^{2-} 反应, 而漏掉了 H^+ 与 OH^- 的反应。

(4) 错写反应物或产物的配比关系。

如 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液与 H_2SO_4 溶液反应: $\text{Ba}^{2+} + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$, 应写成 $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

(5) 电荷不守恒或原子不守恒。

如 Cl_2 通入到 FeCl_2 溶液中的反应: $\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = \text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$, 原子虽然守恒, 但电荷不守恒, 应写成 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ 。

(6) 氧化还原反应中得失电子不守恒。

如 $2\text{MnO}_4^- + 3\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 4\text{O}_2 \uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$, 原子守恒, 电荷也守恒, 但得失电子不守恒, 应写成 $2\text{MnO}_4^- + 5\text{H}_2\text{O}_2 + 6\text{H}^+ = 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{O}_2 \uparrow + 8\text{H}_2\text{O}$ 。

(7) 忽视了题设条件及要求。

如“过量”、“少量”、“等物质的量”、“适量”、“任意量”以及滴加顺序等对反应方程式或产物的影响。

如碳酸氢钠溶液与少量石灰水反应: $\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$, 此反应中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 是二元碱, 所以化学方程式中 Ca^{2+} 和 OH^- 的物质的量之比应为 1:2, 其正确的离子方程式应写成: $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ 。

如碳酸氢钠溶液与足量石灰水反应: $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$, 此反应中 HCO_3^- 充足, 所以方程式中 Ca^{2+} 和 OH^- 的物质的量之比应为 1:1 (此类题最好用离子共存来做, 因为石灰水过量即 Ca^{2+} 过量, 所以生成物中一定无 CO_3^{2-}), 其正确的离子方程式应写成: $\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- = \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

考点三 离子共存

梳理

1. 由于发生复分解反应, 离子不能大量共存

(1) 有气体产生。如 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 S^{2-} 、 HS^- 、 SO_3^{2-} 、 HSO_3^- 等易挥发的弱酸的酸根与 H^+ 不能大量共存。

(2) 有沉淀生成。如 Ba^{2+} 、 Ca^{2+} 不能与 SO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 等大量共存; Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 等不能与 OH^- 大量共存; SiO_3^{2-} 、 AlO_2^- 等不能与 H^+ 大量共存。

(3) 有弱电解质生成。如 OH^- 、 ClO^- 、 F^- 、 CH_3COO^- 、 HCOO^- 、 PO_4^{3-} 、 HPO_4^{2-} 、 H_2PO_4^- 等与 H^+ 不能大量共存; 一些酸式弱酸根离子及 NH_4^+ 不能与 OH^- 大量共存。

2. 由于发生氧化还原反应, 离子不能大量共存

(1) 一般情况下, 具有较强还原性的离子不能与具有较强氧化性的离子大量共存。如 I^- 、 S^{2-} 、 HS^- 和 Fe^{3+} 不能大量共存是由于 $2\text{I}^- + 2\text{Fe}^{3+} = \text{I}_2 + 2\text{Fe}^{2+}$, $2\text{Fe}^{3+} + \text{S}^{2-} = \text{S} \downarrow + 2\text{Fe}^{2+}$, $2\text{Fe}^{3+} + 3\text{S}^{2-} = \text{S} \downarrow + 2\text{FeS} \downarrow$ 。

(2) 在酸性或碱性的介质中由于发生氧化还原反应而不能大量共存。如 NO_3^- 和 I^- 在中性或碱性溶液中可以共存, 但在有大量 H^+ 存在情况下不能共存; SO_3^{2-} 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 和 S^{2-} 在碱性条件下可以共存, 但在酸性条件下由于发生 $2\text{S}^{2-} + \text{SO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ = 3\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$, $2\text{S}^{2-} + \text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6\text{H}^+ = 4\text{S} \downarrow + 3\text{H}_2\text{O}$ 不能共存。 ClO^- 与 S^{2-} 不论是在酸性条件下还是在碱性条件下都不能大量共存。

3. 由于形成络合离子, 离子不能大量共存

有少数离子可形成络合离子而不能大量共存。如 Fe^{3+} 和 SCN^- 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$, 由于 $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ 等络合反应的发生而不能大量共存。

4. 有些能互相促进水解的离子不能大量共存

能水解的阳离子与能水解的阴离子一般不能同时存在于同一溶液中, 即离子间能发生双水解反应。例如: Al^{3+} 和 HCO_3^- (或 CO_3^{2-})、 S^{2-} 、 HS^- 、 AlO_2^- 、 Fe^{3+} 和 AlO_2^- (或 HCO_3^- 、 CO_3^{2-}) 等。如 $3\text{AlO}_2^- + \text{Al}^{3+} + 6\text{H}_2\text{O} = 4\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 等。

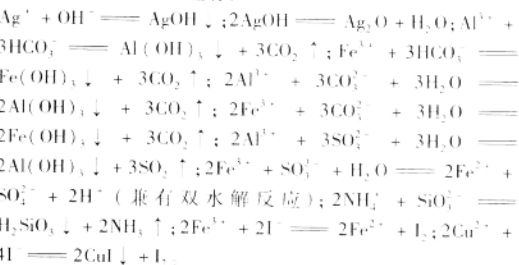
深化

1. 首先搞清楚离子反应的规律和“离子共存”的条件。在中学化学中要求掌握的离子反应规律主要是离子间发生复分解反应和离子间发生氧化还原反应, 以及在一定条件下一些微粒(离子、分子)可形成络合离子等。“离子共存”的条件是根据上述三个方面统筹考虑、比较、归纳整理而得出的。因此解决“离子共存”问题可从离子间的反应规律入手, 逐条梳理。

2. 结合溶解度表应熟记常见物质的溶解性

溶解度表中“溶”表示该物质可溶于水, “不”表示不溶于水, “微”表示微溶于水, “挥”表示挥发性, “—”表示该物质不存在或遇水就分解了。

表中标“—”的常见反应有:



注意

1. 审题时应注意题中给出的附加条件

(1) 颜色

离子	MnO_4^-	Fe^{3+}	Fe^{2+}	Cu^{2+}
水溶液颜色	紫红色	黄色	浅绿色	蓝色

(2) 酸碱性



溶液的 酸碱性	溶液呈酸性	溶液呈碱性	溶液既可能呈 酸性也可能呈 碱性
可能的 附加条 件	溶液的 pH 小于 7, 加入甲基橙呈 红色, 加入较活 泼金属 (如 Zn) 有氢气生成等	溶液的 pH 大于 7, 加入 酚酞溶液呈 红色等	常温下, 溶液中由 水电离生成的 $c(\text{H}^+) \neq$ $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

(3) 注意题目要求“一定大量共存”、“可能大量共存”还是“不能大量共存”等要求。

2. 审题时还应特别注意以下几点

(1) 注意溶液的酸碱性对离子间发生氧化还原反应的影响。

如: Fe^{2+} 与 NO_3^- 能共存, 但在强酸性条件下发生 $3\text{Fe}^{2+} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \rightleftharpoons 3\text{Fe}^{3+} + \text{NO} \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ 而不能大量共存; I^- 与 NO_3^- 能共存, 但在强酸性条件下不能大量共存; MnO_4^- 与 Cl^- 在强酸性条件下也不能大量共存; S^{2-} 与 SO_3^{2-} 在碱性条件下可共存, 但在酸性条件下不能大量共存。

(2) 弱酸的酸式酸根离子 (如 HCO_3^- 、 HSO_3^- 、 HS^- 、 HPO_4^{2-} 、 H_2PO_4^-) 既不能与 H^+ 大量共存也不能与 OH^- 大量共存。如: $\text{HCO}_3^- + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$, $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$ 。

(3) 注意挖掘题目中隐含的信息, 排除干扰信息, 克服非智力因素失分。

2 探究解题新思路

题型一 考查对电解质概念的理解能力

典例 1 (2007 · 山东模拟) 已知: ① $\text{Al}(\text{OH})_3$ 的电离方程式为: $\text{H}^+ + \text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons 3\text{OH}^- + \text{Al}^{3+}$, ② 无水 AlCl_3 晶体的沸点为 182.9°C , 溶于水的电离方程式为 $\text{AlCl}_3 \rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + 3\text{Cl}^-$, ③ PbSO_4 难溶于水, 易溶于醋酸钠溶液, 反应的化学方程式为 $\text{PbSO}_4 + 2\text{CH}_3\text{COONa} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ 。下列关于 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 AlCl_3 和 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ 的说法中正确的是

- A. 均为强电解质 B. 均为弱电解质
C. 均为离子化合物 D. 均为共价化合物

解析 本题为信息给予题, 考查同学们的自学能力。由①知 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 为弱电解质; 由②知 AlCl_3 为共价化合物, 属于强电解质; 由③知 $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ 为弱电解质。综合判断可知答案。

答案 D

知识链接

1. 通常能导电的物质包括: 金属单质、部分非金属单质 (石墨、半导体材料)、电解质溶液、熔融态的离子化合物等。

2. 电解质和非电解质均为化合物, 电解质包括酸、碱、盐及部分金属氧化物、氢化物。

3. 强电解质在水溶液中能完全电离, 包括强酸、强碱、大部分的盐; 弱电解质在水溶液中不能完全电离, 包括弱酸、弱碱、水和少数的盐, 如本题中的醋酸铅。

变式 · 拓展 1. (原创) 下列说法正确的是 ()

- A. 在水溶液里或熔融状态下导电的物质叫电解质
B. 在水溶液中导电能力强的化合物是强电解质, 导电能力弱的化合物是弱电解质
C. 只有离子与离子之间的反应才是离子反应
D. 用实际参加反应的离子符号表示离子反应的式子叫离子方程式

题型二 离子方程式的正误判断

典例 2 (2007 · 江苏) 下列离子方程式书写正确的是

- A. 过量的 SO_2 通入 NaOH 溶液中: $\text{SO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{SO}_3^{2-} +$

H_2O

B. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ 溶液中加入过量的 HI 溶液: $2\text{Fe}^{3+} + 2\text{I}^- \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$

C. NaNO_2 溶液中加入酸性 KMnO_4 溶液: $2\text{MnO}_4^- + 5\text{NO}_2^- + 6\text{H}^+ \rightleftharpoons 2\text{Mn}^{2+} + 5\text{NO}_3^- + 3\text{H}_2\text{O}$

D. NaHCO_3 溶液中加入过量的 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 溶液: $2\text{HCO}_3^- + \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{BaCO}_3 \downarrow + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_3^{2-}$

解析 选项 A 中由于过量 SO_2 的通过, 生成物应是 HSO_3^- 。选项 B 中由于过量 HI 溶液的加入, 溶液中的 NO_3^- 也将参与氧化还原反应, 生成物中必有氮的氧化物生成。选项 D 中由于过量 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 的加入, 生成物中的 CO_3^{2-} 将全部转化为 BaCO_3 沉淀。

答案 C

思维探究

1. 氧化还原反应是否符合反应事实主要是看反应能否进行或反应产物是否正确。如 Fe 和 H^+ 反应只能生成 Fe^{2+} 和 H_2 , 而非 Fe^{3+} 和 H_2 。

2. 与量有关的反应是否表述准确。由于许多反应是分步进行的, 则离子方程式的书写应根据反应物的量的关系来确定反应进行的程度。如未给出反应物的量的关系, 则不同程度反应的离子方程式均认为可能发生。如 FeBr_2 和 Cl_2 反应, Cl_2 不足, 则应写成 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$; 若 Cl_2 过量, 则应写成 $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{Br}^- + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}_2 + 6\text{Cl}^-$ 。若未加说明反应的量的关系, 则二者均可。

变式 · 拓展 2. (改编) 下列反应的离子方程式正确的是

① 硫酸铜溶液与氢氧化钡溶液反应: $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{BaSO}_4 \downarrow$

② 将金属钠加入水中: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + \text{H}_2 \uparrow$

③ 石灰石溶于醋酸: $\text{CaCO}_3 + 2\text{CH}_3\text{COOH} \rightleftharpoons 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{Ca}^{2+} + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

④ 氯化亚铁溶液中加入硝酸: $\text{Fe}^{2+} + 4\text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{NO} \uparrow$