

第一章 化学反应及其能量变化

- 一、氧化还原反应 (001)
- 二、离子反应 (003)
- 三、化学反应中的能量变化 (006)

第二章 碱金属

- 一、钠及其化合物 (009)
- 二、碱金属 (012)

第三章 物质的量

- 一、以物质的量为中心的各量间的关系 (015)
- 二、阿伏加德罗定律的应用 (017)
- 三、物质的量浓度溶液的配制 (020)

第四章 卤素

- 一、氯及其化合物 (023)
- 二、卤族元素 (026)

第五章 物质结构 元素周期律

- 一、原子组成与结构 (030)
- 二、元素周期律与元素周期表 (031)
- 三、化学键与分子结构 (034)

第六章 硫和硫的化合物 环境保护

- 一、氧族元素 (037)
- 二、二氧化硫 (039)
- 三、硫酸 (042)
- 四、环境保护 (045)

第七章 硅和硅酸盐工业

- 一、碳族元素 (047)
- 二、硅及其化合物 (050)
- 三、新型无机非金属材料 (052)

第八章 氮族元素

- 一、氮和磷 (055)
- 二、氨和铵盐 (059)
- 三、硝酸 (062)



第九章 化学平衡

一、化学反应速率	(066)
二、化学平衡	(068)
三、合成氨工业	(071)

第十章 电离平衡

一、电离平衡	(074)
二、水的电离和溶液的 pH	(075)
三、盐类的水解	(078)
四、酸碱中和滴定	(080)

第十一章 几种重要的金属

一、金属元素概述	(083)
二、镁及其化合物	(086)
三、铝及其化合物	(088)
四、铁及其化合物	(091)
五、电化学基础知识	(095)

第十二章 烃

一、烃类概述	(100)
二、各类烃的代表物比较	(103)
三、分子式和结构式的确定	(106)
四、有机化工简介	(108)

第十三章 烃的衍生物

一、烃的衍生物概述	(111)
二、卤代烃	(115)
三、醇和酚	(118)
四、醛	(121)
五、羧酸和酯	(124)

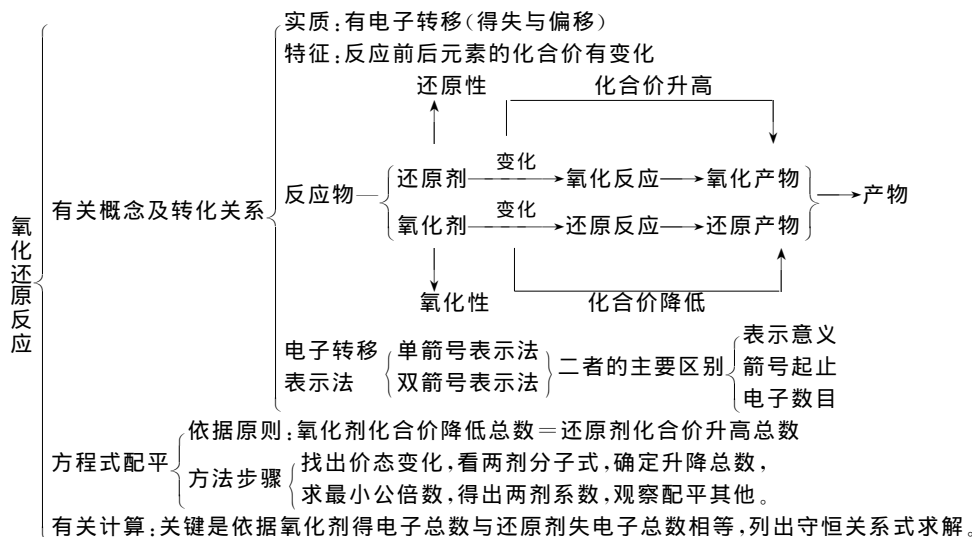
第十四章 营养物质和合成材料

一、糖 类	(129)
二、油 脂	(131)
三、蛋白质	(133)
四、合成材料	(136)
参考答案	(140)

第一章 化学反应及其能量变化

一、氧化还原反应

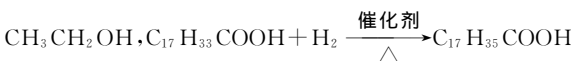
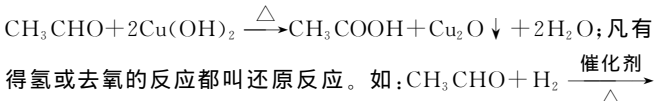
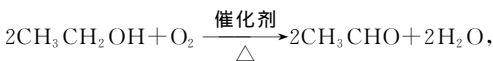
知识网络



规律点睛

1. 从氧化还原反应的角度来认识四种基本反应类型

凡有单质参加的化合反应,有单质生成的分解反应和置换反应都是氧化还原反应;复分解反应都不是氧化还原反应。在有机化学反应中,凡是有得氧或去氢的反应都叫氧化反应。如:



氧化还原反应和四种基本反应类型看问题的角度不同。在实质上,氧化还原反应是从有无电子得失角度看化学反应,而四种基本反应类型主要是从物质的构成形式上划分为:置换、化合、分解和复分解反应,但四种基本反应类型并不包括所有的化学反应,如: $\text{CuO} + \text{CO} \xrightarrow{\Delta} \text{Cu} + \text{CO}_2$ 。

2. 从元素价态判断氧化性或还原性的规律

元素为最高价态时,只具有氧化性,如: Fe^{3+} 、 $\text{H}_2\text{SO}_4^{+6}$ 分子中+6价硫元素;元素为最低价态时只具有还原性,如: Fe 、 S^{2-}

等;元素处于中间价态时既有氧化性又有还原性,如: Fe^{2+} 、 SO_2 、 S^0 等。

(1) 常见氧化剂: F_2 、 O_2 、 Cl_2 、 Br_2 、 I_2 、 S 、 KMnO_4 、 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 、 KClO_3 、 H_2SO_4 (浓)、 HNO_3 、 MnO_2 、 NO_2 、 Ag^+ 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 H^+ 等。

(2) 常见还原剂: K 、 Ca 、 Na 、 Mg 、 H_2 、 C 、 CO 、 S^{2-} 、 I^- 、 Br^- 、 H_2S 等。

(3) 既能作氧化剂,又能作还原剂的有: SO_2 、 H_2SO_3 、 H_2O_2 、 Na_2O_2 、 Fe^{2+} 。

3. 氧化性或还原性强弱的比较规律

(1) 由元素的金属性或非金属性比较

金属阳离子的氧化性随其单质还原性的增强而减弱,如下列四种阳离子的氧化性由强到弱的顺序是 $\text{Ag}^+ > \text{Cu}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \text{K}^+$ 。

非金属阴离子的还原性随其单质氧化性的增强而减弱,如下列四种卤素离子还原性由强到弱的顺序是 $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{F}^-$ 。

(2) 由反应条件的难易比较

不同氧化剂与同一还原剂反应,反应条件越易,氧化性越强,如 F_2 和 H_2 混合在暗处就能剧烈化合而爆炸,而 I_2 与 H_2 需在不断加热的情况下才能缓慢化合,因而 F_2 的氧化性比 I_2 强。

不同还原剂与同一氧化剂反应,反应条件越易,还原性越强,如有两种金属 M 和 N 均能与水反应,M 在常温下能与水反应产生氢气,而 N 需在高温下才能与水蒸气反应,由此判断 M 的还原性比 N 强。

(3)由氧化还原反应方向比较

还原剂 A + 氧化剂 B = 氧化产物 a + 还原产物 b,则:氧化性 B > a,还原性 A > b。

如:由 $2\text{Fe}^{2+} + \text{Br}_2 = 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^-$ 可知氧化性, $\text{Br}_2 > \text{Fe}^{3+}$,还原性 $\text{Fe}^{2+} > \text{Br}^-$ 。

(4)当不同的还原剂与同一氧化剂反应时,可根据氧化剂被还原的程度不同来判断还原剂还原性的强弱,一般规律是氧化剂被还原的程度越大,还原剂的还原性越强。同理当不同氧化剂与同一还原剂反应时,还原剂被氧化的程度越大,氧化剂的氧化性就越强。如氯气、硫两种氧化剂分别与同一还原剂铁起反应,氯气可把铁氧化为 FeCl_3 ,而硫只能把铁氧化为 FeS ,由此说明氯气的氧化性比硫强。

(5)某些氧化剂的氧化性或还原剂的还原性与下列因素有关:

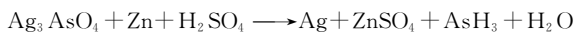
温度:如热的浓硫酸的氧化性比冷的浓硫酸的氧化性强。

浓度:如浓硝酸的氧化性比稀硝酸的强。

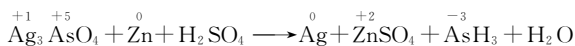
酸碱性:如 KMnO_4 溶液的氧化性随溶液酸性的增强而增强。

思维启迪

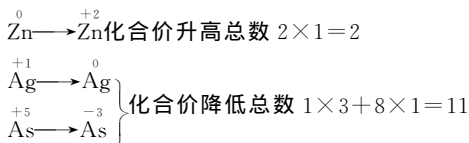
[例1]配平下列氧化还原反应方程式



解析:①列出价态变化



②由两剂分子式确定升降总数



③求最小公倍数,得出两剂系数,

2 和 11 的最小公倍数为 22,

$22 \div 2 = 11$ 还原剂 Zn 的系数为 11,

$22 \div 11 = 2$ 氧化剂 Ag_3AsO_4 的系数为 2;

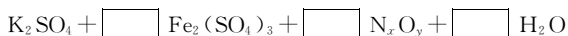
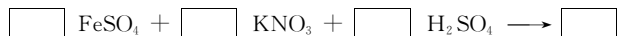


④用观察法配平其他物质的系数

由观察法可知:还原产物 Ag 和 AsH_3 的系数分别为 6 和 2,氧化产物 ZnSO_4 的系数为 11,因生成物中有 11 个 SO_4^{2-} ,则反应物中 H_2SO_4 系数为 11,为使反应前后 H、O 原子个数相等,则水的系数为 8。



[例2]在热的稀硫酸溶液中溶解了 11.4 g FeSO_4 。当加入 50 mL、 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{KNO}_3$ 溶液后,其中的 Fe^{2+} 全都转化为 Fe^{3+} , KNO_3 也反应完全,并有 N_xO_y 氮的氧化物气体逸出。



(1)推算出 $x = \underline{\hspace{1cm}}$, $y = \underline{\hspace{1cm}}$;

(2)配平该化学方程式(系数填写在上式方框内);

(3)反应中氧化剂为 ;

(4)用短线和箭头标出电子转移的方向和总数。(上海高考题)

解析:此题对氧化还原反应进行了全面考查,既考查了概念的理解,又考查了应用氧化还原反应中化合价升降相等的简单计算,同时还考查了配平氧化还原反应的能力以及对氧化还原反应实质的表示方法。

本题先根据化合价的变化找出氧化剂和还原剂,再根据化合价升降相等求出氮的氧化物 N_xO_y 的化学式。然后根据电子得失法配平方程式,根据电子得失情况标出电子转移的方向和数目。

从题目中可看出 FeSO_4 中的 Fe^{2+} 被氧化为 Fe^{3+} ,那么 FeSO_4 为还原剂, KNO_3 在酸性溶液中作了氧化剂还原成氮的氧化物。反应后 N 元素的化合价变为 +n 价,则:

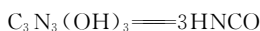
$$0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 0.05 \text{ L} \times (5 - n) = \frac{11.4 \text{ g}}{152 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} \times 1, n = 2 \quad \text{即}$$

生成 NO 。

答案:(1)1 1 (2)6 2 4~1 3 2 4

(3) KNO_3 (4)略

[例3]三聚氰酸 $\text{C}_3\text{N}_3(\text{OH})_3$ 可用于消除汽车尾气中的氮氧化物(如 NO_2)。当加热至一定温度时,它发生如下分解:



HNCO (异氰酸,其结构是 $\text{H}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$)能和 NO_2 反应生成 N_2 、 CO_2 和 H_2O 。

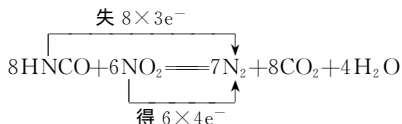
(1)写出 HNCO 和 NO_2 反应的化学方程式。分别指明化合物中哪种元素被氧化?哪种元素被还原?指出氧化剂和还原剂,标出电子转移的方向和数目。

(2)如按上述反应式进行反应,试计算吸收 1.0 kg NO_2 气体所消耗的三聚氰酸的质量。

解析:应首先判断 HNCO 中 N 的化合价为 -3 价,然后才可写出方程式。 HNCO 的 $\overset{-3}{\text{N}} \rightarrow \overset{0}{\text{N}_2}$,故其中氮元素被氧化; NO_2

中 $\overset{+4}{\text{N}} \rightarrow \overset{0}{\text{N}_2}$,其中氮元素被还原。这个问题明确后,其他问题就简单了。

答案:(1)



NO_2 是氧化剂、 HNCO 是还原剂;

HNCO 中的氮元素被氧化, NO_2 中的氮元素被还原。

$$(2) 1.0 \text{ kg} \times \frac{8 \times 43}{6 \times 46} = 1.2 \text{ kg}$$

能力培养

►1. 下列叙述正确的是 ()

A. 含金属元素的离子不一定是阳离子

B. 在氧化还原反应中,非金属单质一定是氧化剂

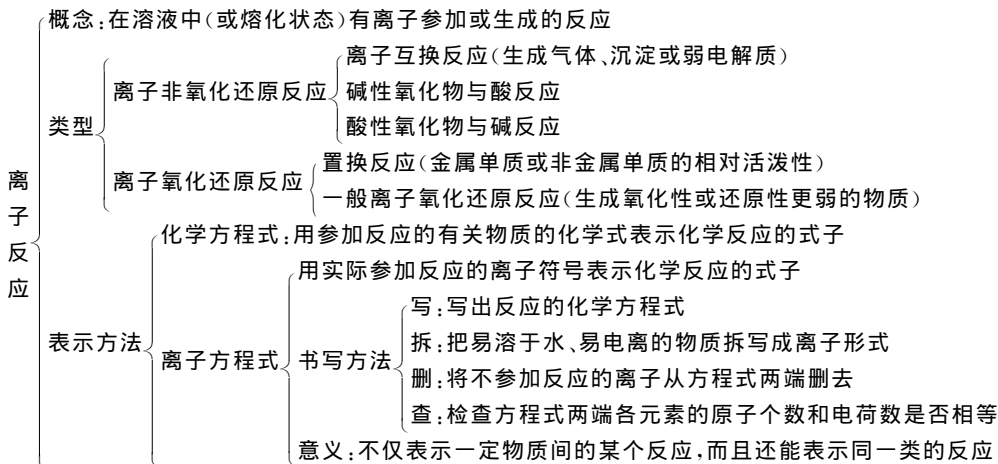
- (2)次氯酸剂那间被热水分解得到即可表现氧化性(对NaI)又可表现还原性(对 KMnO_4)的溶液,写出反应化学方程式。

- 7. 油画所用颜料含有某种白色铅化合物,置于空气中,天长日久会生成黑色的 PbS,从而使油画的色泽变暗。若用 H_2O_2 来“清洗”,则可将 PbS 转变成 PbSO_4 而使油画复原,请填写。
- (1) 上述清洗反应的化学方程式为: _____。
- (2) 若有 0.1 mol PbS 参加反应,则在反应中转移的电子为 _____ mol。
- 8. 配平下列氧化还原反应方程式。
- ① $\text{P} + \text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cu}_3\text{P} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$
- ② $\text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- ③ $\text{A}_n + \text{B}^{x-} \longrightarrow \text{B}_m + \text{A}^{y-}$
- ④ $\text{H}_2\text{PO}_2^- + \text{Ag}^+ + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ag} \downarrow + \text{H}_2 \uparrow$
- ⑤ $\text{Fe}^{2+} + \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Fe}(\text{OH})_3 \downarrow$
- ⑥ $\text{S} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \longrightarrow \text{CaS}_2\text{O}_3 + \text{CaS} \cdot \text{S}_x + \text{H}_2\text{O}$

知识网络

1. 有关概念

2. 离子反应



规律点睛

1. 概念辨析

(1) 电解质与非电解质

电解质是在水溶液中或熔化状态下能导电的化合物, 而非电解质是在上述情况下都不能导电的化合物。电解质与非电解质的相同点是研究对象都是化合物, 二者的主要不同是在溶于

水或熔化状态下能否导电。要注意:

- ① 电解质不一定导电, 导电物质不一定是电解质。
- ② 非电解质不导电, 但不导电的物质不一定是非电解质。
- ③ 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 、 NH_3 、 Cl_2 等物质的水溶液虽能导电, 但它们并不是电解质, 因为它是与水反应后生成了电解质, 才使溶液导电的。

(2) 强电解质与弱电解质

		强电解质	弱电解质
相 同 点		都是电解质, 在水溶液中都能电离, 都能导电, 与溶解度无关	
不 同 点	键 型	离子键或极性键	极性键
	电离程度	完全电离	部分电离
	电离过程	不可逆过程	可逆过程、存在电离平衡
	表示方法	电离方程式用等号	电离方程式用可逆号
	电解质在溶液中粒子形式	水合离子	分子、水合离子
	离子方程式中表示形式	离子符号或分子式	分子式

(3) 导电性强弱与电解质强弱的关系

电解质的强弱由物质内部结构决定, 电解质的强弱在一般情况下影响着溶液导电性的强弱。导电性强弱是由溶液离子浓度大小决定的。如果某强电解质溶液浓度很小, 那么它的导电性可以很弱, 而某弱电解质虽然电离程度很小, 但如果浓度较大时, 该溶液的导电能力也可以较强。因此, 强电解质溶液的导电能力不一定强, 弱电解质溶液的导电能力也不一定弱。

2. 书写离子方程式的关键及注意的问题

(1) 关键

两易: 即易溶易电离的物质(可溶性的强电解质包括强酸、强碱、大多数可溶性盐)以实际参加反应的离子符号表示, 非电解质、弱电解质、难溶物、气体等用分子式表示。

两等: 离子方程式两边的原子个数, 电荷总数均应相等。

两查: 检查各项是否都有公约数, 是否漏写必要的反应条件。

(2) 注意的问题

① 未处于自由移动离子状态的反应不能写离子方程式, 如

铜和浓硫酸、氯化钠固体和浓硫酸、氯化铵固体和氢氧化钙固体反应等。

② 有离子生成的反应可以写离子方程式, 如钠和水、铜和浓硝酸、 SO_2 通入溴水里、碳酸钙溶于乙酸等。

③ 单质、氧化物一律写分子式。

④ 微溶物处理: 生成物中有微溶物析出时, 应写分子式。反应物里微溶物处于溶液状态时应写离子, 反应物里微溶物处于浊液或固体时, 应写分子式。

⑤ 多元弱酸酸式酸根离子, 在离子方程式中不能拆开写。

⑥ 注意反应物之间量的关系, 如硫酸铝钾和 $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 按 $1:2$ 或 $2:3$ 的物质的量比反应。

3. 离子共存

离子在溶液中能大量共存的条件是离子之间不能发生离子反应。其题目类型多以选择题为主, 其次是推断题, 它们都是依据离子性质与离子间的反应编制而成的, 在下列情况下离子均不能大量共存:

(1) 发生双水解反应(如 Fe^{3+} 与 CO_3^{2-} 、 Al^{3+} 与 S^{2-} 等)。

(2)发生氧化还原反应(如 Fe^{3+} 与 I^- ; MnO_4^- 与 Fe^{2+} ; NO_3^- 、 H^+ 与 Fe^{2+} 等)。

(3)发生络合反应(如 Fe^{3+} 与 SCN^-)等。

(4)发生复分解反应(如 H^+ 与弱酸的酸根阴离子; OH^- 与弱碱的阳离子; SO_4^{2-} 与 Ba^{2+} ; CO_3^{2-} 与 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} 、 Ag^+ ; Cl^- 与 Ag^+ 等)。

思维启迪

[例1]下列物质的水溶液能导电,但属于非电解质的是

- A. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ B. Cl_2
C. NH_4HCO_3 D. SO_2

解析:选项中, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$ (丙酸)属于弱电解质, Cl_2 既不是电解质,又不是非电解质。 NH_4HCO_3 是盐,属强电解质, SO_2 的水溶液是亚硫酸溶液,可以导电,但 SO_2 是非电解质, H_2SO_3 是弱电解质。

答案:D

[例2]把 2 g 纯净的烧碱固体分别加入到下列 100 mL 的溶液中,溶液的导电能力有强烈变化的是

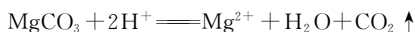
- A. $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的盐酸 B. $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸
C. $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸 D. $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸铜

解析:溶液的导电能力与溶液中自由移动的离子浓度有关,离子浓度大导电能力强,离子浓度小导电能力弱。本题在加入烧碱后,分别转化为:A. $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的氯化钠、B. $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸钠、C. $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的醋酸钠、D. $0.25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的硫酸钠,其中 A、B、D 的转变前后都是强电解质,相应的离子浓度未变,导电能力与原来的一样。只有 C 由弱电解质的醋酸变成强电解质的醋酸钠,溶液中离子浓度骤然增大,因此溶液的导电能力出现强烈的变化。

答案:C

[例3]下列离子方程式中错误的是

- A. 铁跟稀硫酸反应 $2\text{Fe} + \text{H}^+ \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{H}_2 \uparrow$
B. 碳酸氢钙溶液跟盐酸反应
 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{H}^+ \longrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$
C. 醋酸跟氢氧化钾溶液反应
 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{OH}^- \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2\text{O}$
D. 碳酸镁跟硫酸反应



解析:解本题时当然采用正向思维,对每一个离子方程式进行分析。每一个离子方程式都应与其化学方程式及实际情况相吻合,不能随意臆造。稀硫酸与铁生成二价铁,故 A 选项不正确; $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 是可溶于水的盐,应写成离子,反应前后 Ca^{2+} 的数目并没有变,因此离子方程式中不应出现 Ca^{2+} ,故 B 选项也不正确;醋酸是弱酸,在离子方程式中应写成分子, MgCO_3 难溶于水,不能写成离子,故 C、D 选项正确。

答案:AB

[例4]在强酸性溶液中能大量共存并且溶液为无色透明的离子组是

- A. NH_4^+ 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- B. H^+ 、 Na^+ 、 AlO_2^- 、 NO_3^-
C. K^+ 、 NH_4^+ 、 MnO_4^- 、 SO_4^{2-} D. Na^+ 、 SO_4^{2-} 、 S^{2-} 、 Cl^-

解析:解答离子共存问题,主要从如下几方面入手迅速确定

正确答案。①各组中离子间有无发生反应(包括离子反应、氧化还原反应、水解反应等)。②注意题中所给的限制条件,如“酸性”或“碱性”溶液中,“无色透明溶液中”等。

据此,A 组离子间能共存;B 组中 AlO_2^- 在强酸性条件下不能共存,是因为: $\text{H}^+ + \text{AlO}_2^- + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow$ 及 $3\text{H}^+ + \text{Al}(\text{OH})_3 \longrightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O}$;C 组中 MnO_4^- 为紫色;D 组中 S^{2-} 在强酸性条件下生成 H_2S 从溶液中逸出。

答案:A

[例5]在世纪交替之时,某国炼金废水泄入尼罗河,导致大量鱼类等水生物死亡,沿河居民长期停止使用此水源,酿成世界级污染事件。炼金废水中含有络离子 $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$,其电离出的 CN^- 有毒,当与 H^+ 结合生成 HCN 时,其毒性更强。回答下列问题:

(1)剧毒物 HCN 的结构式为 _____,其水溶液酸性很弱,可知 NaCN 溶液 pH _____ 7(填>, =, <)。

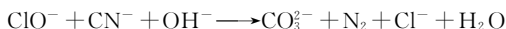
(2)与弱电解质碳酸的电离方式相似, $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ 也存在着两步电离,其一级电离方程式为 _____。

(3)处理这种废水时是在碱性条件下 NaClO 将 CN^- 氧化为 CO_3^{2-} 和 N_2 ,其离子方程式为 _____。在酸性条件下, ClO^- 也能氧化 CN^- ,但实际处理废水时却不在酸性条件进行的主要原因是 _____。

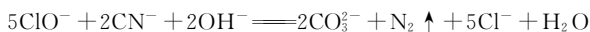
解答:(1) HCN 为共价化合物,根据最外层电子饱和的原则,可写出 HCN 的结构式: $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$,由于 HCN 为弱酸,所以 NaCN 为强碱弱酸盐,其溶液水解显碱性, $\text{pH} > 7$ 。

(2)与 H_2CO_3 的一级电离: $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ 类比, $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ 的一级电离式为: $[\text{Au}(\text{CN})_2]^- \rightleftharpoons \text{AuCN} + \text{CN}^-$

(3)根据题给信息有:



这是一个氧化还原离子反应,配平得:



不在酸性条件下处理废水中的 CN^- ,是防止生成剧毒物 HCN 对人体有害。

能力培养

►1. 下列关于混合物、纯净物、强电解质、弱电解质和非电解质的正确组合是 _____ ()

	纯净物	混合物	强电解质	弱电解质	非电解质
A	盐酸	水煤气	硫酸	醋酸	干冰
B	冰醋酸	福尔马林	硫酸钡	亚硫酸	二氧化硫
C	单甘油酯	混甘油酯	苛性钾	氢硫酸	碳酸钙
D	重钙	普钙	氯化钠	次氯酸	氯气

►2. 在同一温度下,若弱电解质溶液 A、强电解质溶液 B、金属导体 C、导电能力相同,当升高温度后,它们的导电能力的强弱关系是 _____ ()

- A. $A > B > C$ B. $A = B = C$
C. $C > A > B$ D. $B > C > A$

►3. 下列说法正确的是 _____ ()

- A. 强电解质溶液一定比弱电解质溶液的导电性强
B. 强电解质的水溶液中不存在溶质分子

C. 强电解质都是离子化合物,而弱电解质都是共价化合物
D. 不同的弱电解质只要物质的量浓度相同,电离程度也相同。

- 4. 比较等物质的量浓度的① H_2SO_3 ② NaHSO_3 ③ Na_2SO_3 三种溶液中 $c(\text{SO}_3^{2-})$ 浓度大小,其排列顺序正确的是……
…………… ()

A. ①>②>③ B. ③>②>①
C. ②>①>③ D. ③>①>②

- 5. 在使用惰性电极的电解槽中盛有饱和石灰水,不断通入 CO_2 时,电流强度随时间变化的曲线正确的是图 1—1 中的 (假设溶液体积不变) …………… ()

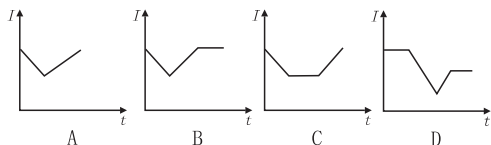


图 1—1

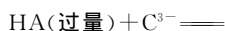
- 6. 已知多元弱酸在水溶液中的电离是分步进行的,且第一步电离程度远大于第二步电离程度,第二步电离程度远大于第三步电离程度……现有 HA 、 H_2B 、 H_3C 三种一元、二元、三元弱酸,它们之间能发生下列反应:
 $\text{HA} + \text{HC}^{2-} (\text{少量}) \rightleftharpoons \text{A} + \text{H}_2\text{C}$
 $\text{H}_2\text{B} (\text{少量}) + 2\text{A} \rightleftharpoons \text{B}^{2-} + 2\text{HA}$
 $\text{H}_2\text{B} (\text{少量}) + \text{H}_2\text{C} \rightleftharpoons \text{HB}^- + \text{H}_3\text{C}$

根据“较弱酸+较弱酸盐——较强酸盐+较弱酸”的反应规律,回答下列问题:

(1) 在相同条件下, HA 、 H_2B 、 H_3C 三种酸中酸性强的是_____。

(2) A^- 、 B^{2-} 、 C^{3-} 、 HB^- 、 HC^{2-} 、 H_2C 六种离子中,最易结合质子(H^+)的是_____,最难结合质子的是_____。

(3) 写出下列反应的离子方程式:



- 7. 化学实验员给某学生提供下列药品和必要的实验仪器,要求学生设计实验证明乙酸是弱酸,药品是冰醋酸、蒸馏水和 pH 试纸。此同学思考后认为:

①设计的理论依据是_____。

②实验简要步骤是_____。

③需记录的现象和数据是_____。

④推断与分析,由于_____,说明_____,所以乙酸是弱酸。

- 8. 现有一瓶 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 CH_3COOH 溶液。试用中学化学实验室常见的仪器用品设计一个简单、可行的实验方法,求出在室温下, $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ CH_3COOH 的电离度近似值。

①实验(简述过程)_____。

②计算(列出算式)_____。

三、化学反应中的能量变化

知识网络

化学反应中的能量变化

反应热

定义:在化学反应过程中放出或吸收的热量

符号: ΔH

单位:一般采用 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

可用量热计直接测量

研究对象:一定压强下在敞开容器中发生的反应所放出或吸收的热量

表示方法:放热反应 $\Delta H < 0$,吸热反应 $\Delta H > 0$

燃烧热:在 101 kPa 时,1 mol 物质完全燃烧生成稳定的氧化物时所放出的热量

定义:在稀溶液中,酸跟碱发生反应生成 1 mol H_2O 时的反应热

中和热 强酸和强碱反应的中和热为: $\text{H}^+ (\text{aq}) + \text{OH}^- (\text{aq}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} (\text{l}); \Delta H = -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

弱酸弱碱电离要消耗能量,中和热 $\Delta H < -57.3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

定义:表明所放出或吸收的热量的化学方程式

热化学方程式

书写方法

(1) 要注明反应的温度和压强,若反应是在 298 K 和 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 条件下进行,可不予注明。

(2) 要注明反应物和生成物的聚集状态或晶型。常用 s、l、g 分别表示固体、液体、气体。

(3) ΔH 与方程式计量系数有关,注意方程式与对应 ΔH 不要弄错,计量系数以“mol”为单位,可以是小数或分数。

(4) 在所写化学反应计量方程式后写下 ΔH 的“+或-”数值和单位,方程式与 ΔH 应用分号隔开。

盖斯定律:一定条件下,某化学反应无论是一步完成还是分几步完成,反应的总热效应相同。

规律点睛

1. 化学反应的热效应和键能的关系

在化学反应中,从反应物分子改变为生成物分子,各原子内部并没有多少变化,但原子间的结合方式发生了改变。在这个过程中,反应物分子中的化学键部分或全部遭到破坏,生成物分子中的新化学键形成了,在破坏旧化学键时,需要能量来克服原

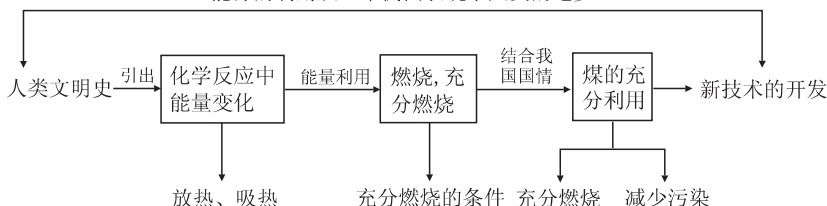
子间的相互作用,在形成新化学键时,由于原子间的相互作用而放出能量、化学反应的热效应来源于反应过程中断裂旧化学键并形成新化学键时的能量变化。

化学键键能的大小可粗略计算化学反应的热效应。

化学反应的热效应 $\Delta H = \text{生成物的键能总和} - \text{反应物的键能总和}$ 。

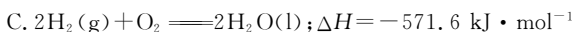
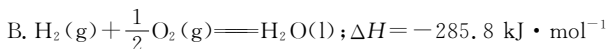
2. 能源的利用从一个侧面表现了人类的进步

能源的利用从一个侧面表现了人类的进步

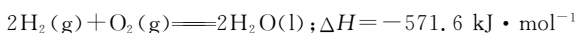
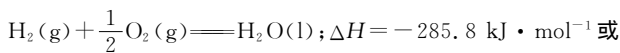


思维启迪

[例1] 1 g 氢气燃烧生成液态水,放出 142.9 kJ 热量,下列表示该反应的热化学反应方程式正确的是



解析: 1 g 氢气燃烧生成液态水放出 142.9 kJ 热量,则 1 mol H_2 即 2 g H_2 燃烧放出 285.8 kJ 热量,故有关热化学方程式为:



因此:A 热量计算错误,B 正确,C 中 O_2 状态未注明,D 中 ΔH 表示错误。

答案:B

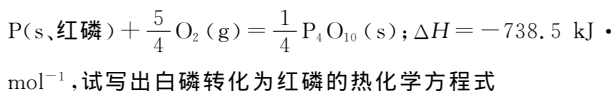
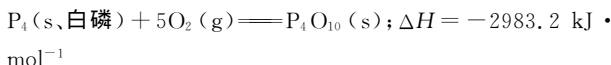
[例2] 已知 $\text{NaOH}(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) = \text{NaCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -57.32 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4(\text{s}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -130.20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 导致 $130.20 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \neq 2 \times 57.32 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ 的因素:_____。

解析: CaSO_4 沉淀有热效应, HSO_4^- 不是强酸,即不是独立的 H^+ 和 OH^- 。

答案:因为生成 CaSO_4 沉淀有热效应,又 HSO_4^- 不是强酸,中和过程中电离有热效应, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 不是强碱,中和过程中电离为 Ca^{2+} 和 OH^- 时也有热效应。

[例3] 同素异形体相互转化的反应热相当小而且转化速率较慢,有时还很不完全,测定反应热很困难。现在可根据盖斯提出的观点“不管化学过程是一步完成或分几步完成,这个总过程的热效应是相同的”来研究。已知:



解析:据盖斯定律,将两个热反应方程式作如下处理:① - ② $\times 4$,得: $\text{P}_4(\text{s, 白磷}) = 4\text{P}(\text{s, 红磷}); \Delta H = \Delta H_1 - \Delta H_2 \times 4$ 。

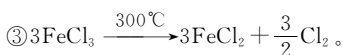
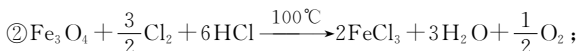
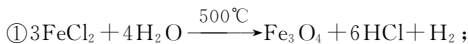
答案: $\text{P}_4(\text{s, 白磷}) = 4\text{P}(\text{s, 红磷}); \Delta H = -29.2 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

能力培养

► 1. 天然气、石油、煤等在地球上的蕴藏量是有限的,因此:①可利用电解水的方法得到氢气作能源;②可用酒精作能源;③砍伐树木作能源;④应开发太阳能、核能等新的能源。上述说法正确的是_____ ()

A. 只有① B. ①和④ C. ②和③ D. 只有④

► 2. 有下列 3 个反应:



这 3 个反应的联合与循环,主要用来生产能解决环境和能源问题的某种气体。该气体是_____ ()

A. O_2 B. Cl_2 C. HCl D. H_2

► 3. 已知方程式 $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) = 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H_1 = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, 则关于方程式 $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}); \Delta H_2 = ?$ 的说法中正确的是_____ ()

A. 方程式中化学计量数表示分子数

B. 该反应 ΔH_2 大于零

C. 该反应的 $\Delta H_2 = -571.6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

D. 该反应可表示 36 g 水分解时的热效应

► 4. 在做中和热的测定实验中,使用下列用品不是为了减少实验误差的是_____ ()

A. 碎泡沫塑料

B. 环形玻璃棒

C. 底部垫纸条

D. 两个量筒

- 5. 50 mL 0.5 mol · L⁻¹ 盐酸与 50 mL 0.55 mol · L⁻¹ NaOH 溶液在如图 1—2 所示的装置中进行中和反应。通过测定反应过程中所放出的热量可计算中和热。回答下列问题:

(1) 从实验装置上看, 图中尚缺少的一种玻璃用品是 _____。

(2) 烧杯间填满碎纸条的作用是 _____。

(3) 大烧杯上如不盖硬纸板, 求得的中和热数值 _____ (填“偏大”“偏小”“无影响”)。

(4) 实验中改用 60 mL 0.50 mol · L⁻¹ 盐酸跟 50 mL 0.55 mol · L⁻¹ NaOH 溶液进行反应, 与上述实验相比, 所放出的热量 _____ (填“相等”“不相等”), 所求中和热 _____ (填“相等”“不相等”), 简述理由: _____。

(5) 用相同浓度和体积的氨水代替 NaOH 溶液进行上述实验, 测得的中和热的数值会 _____; 用 50 mL 0.50 mol · L⁻¹ NaOH 溶液进行上述实验, 测得的中和热的数值会 _____。(均填“偏大”“偏小”“无影响”)

- 6. 如图 1—3 所示, 把试管放入盛有 25℃ 时饱和石灰水的烧杯中, 试管中开始放入几小块镁片, 再用滴管滴入 5 mL 盐酸于试管中。试回答下列问题:

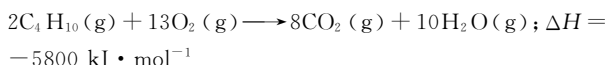
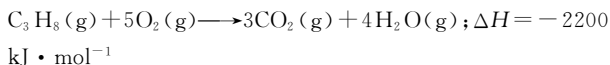
(1) 实验中观察到的现象是 _____。

(2) 产生上述现象的原因是 _____。

(3) 写出有关反应的离子方程式: _____。

(4) 由实验推知, MgCl₂ 溶液和 H₂ 的总能量 _____ (填“大于”“小于”或“等于”) 镁片和盐酸的总能量。

- 7. 某液化石油气由丙烷和丁烷组成, 其质量分数分别为 80% 和 20%。它们燃烧的热化学方程式分别为:



有一质量为 0.80 kg、容积为 4.0 L 的铝壶, 将一壶 20℃ 的水烧开需消耗该液化石油气 0.056 kg。试计算该燃料的利用率。已知水的比热为 4.2 kJ · (kg · °C)⁻¹, 铝的比热为 0.88 kJ · (kg · °C)⁻¹。

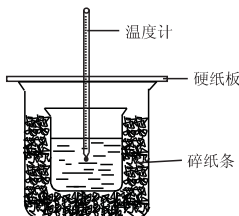


图 1—2

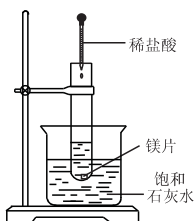
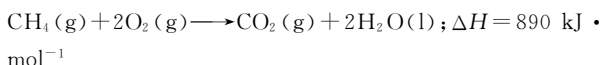


图 1—3

- 8. 随着现代工业的发展, 能源问题已经越来越引起人们的重视。科学家们预言, 未来最理想的燃料是绿色植物, 即将植物的秸秆(主要成分是纤维素)用适当的催化剂作用水解成葡萄糖, 再将葡萄糖转化成乙醇, 用作燃料。

(1) 写出将绿色植物的秸秆化为乙醇的化学方程式 _____。

(2) 已知: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \longrightarrow 2\text{CO}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2\text{O}(\text{l}); \Delta H = -1367 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$



若某种植物的秸秆含纤维素约 50%, 由植物秸秆经过一系列转化得到乙醇原料的总利用率为 80%, 则用 1000 g 秸秆为原料制得的乙醇燃料燃烧所产生的热量与 _____ L 甲烷完全燃烧产生的热量相当(标况下)?

(3) 绿色植物光合作用的效能是 _____。

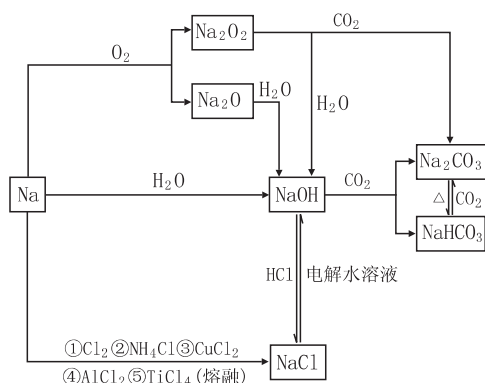


复习札记

第二章 碱金属

一、钠及其化合物

知识网络



规律点睛

1. 钠的化学性质

钠原子最外层只有一个电子,在反应中极易失去这个电子,所以单质钠具有强还原性。

(1)化合反应 钠与非金属单质(X_2 、S、 O_2 等)发生化合反应(写出有关的化学方程式)。要注意钠与氧气(或空气)在不同条件下反应,其反应现象、反应物用量、产物的结构和稳定性不同。

(2)置换反应 钠可与酸(H^+)、水、乙醇、苯酚等发生置换

反应,实质是钠原子与其电离出的 H^+ 的反应(写出有关的离子方程式),所以 H^+ 浓度不同,反应剧烈程度不同。

(3)与盐溶液反应金属活动顺序表中氢后面的金属阳离子的氧化性虽然强于 H^+ ,但其反应速率远小于钠原子与 H^+ 的反应速率,故金属钠投入盐溶液中首先是与水的反应;然后再分析 $NaOH$ 是否与盐发生复分解反应。如果是铝盐溶液,还要考虑钠和铝盐的量的问题,因过量的 $NaOH$ 能溶解 $Al(OH)_3$; (写出钠与硫酸铜溶液或氯化铝溶液反应的离子方程式)。

2. 氢氧化钠的性质

是一种白色固体,易潮解,有腐蚀性。俗名有烧碱、火碱、苛性钠。为一元强碱,具有碱的通性。① $NaOH$ 溶于水后完全电离,与酸碱指示剂或试纸作用。② 与酸和酚发生中和反应:如 HCl 、 CH_3COOH 、 $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ 等。③ 与酸酐发生反应:如 SO_2 、 CO_2 、 SiO_2 、 SO_3 、 P_2O_5 等。④ 与某些非金属单质的反应:如 Cl_2 、S 和 P 等。⑤ 与两性氧化物、氢氧化物反应:如 Al_2O_3 、 ZnO 、 $Al(OH)_3$ 、 $Zn(OH)_2$ 等。⑥ 与盐发生复分解反应:如 NH_4^+ 、 Cu^{2+} 、 HCO_3^- 、 $H_2PO_4^-$ 、 HSO_3^- 等。⑦ 提供碱性环境发生无机和有机反应:如卤代烃的水解反应和消去反应,酯类的水解、油脂的皂化。

固体氢氧化钠要在干燥密封的广口瓶中保存,防止吸收空气中水蒸气和二氧化碳。氢氧化钠溶液应保存在带橡皮塞的细口试剂瓶中;因固体氢氧化钠有潮解性,称量时应放在小烧杯或表面皿中;实验室制取少量氢氧化钠溶液是将过量的氢氧化钙粉末加到煮沸的碳酸钠溶液里,最后过滤。

3. Na_2O 与 Na_2O_2 的比较

氧化物	Na_2O	Na_2O_2
电子式	$Na^+ [\times \ddot{O} \times]^{2-} Na^+$	$Na^+ [\times \ddot{O} : \ddot{O} \times]^{2-} Na^+$
氧元素化合价	-2 价	-1 价
属类	碱性氧化物	非碱性氧化物
主要性质	白色固体,具有碱性氧化物的通性	淡黄色固体,与 H_2O 、 H^+ 、 CO_2 等反应放出 O_2 , 具有强氧化性
用途		漂白、供氧剂
生成条件	常温下缓慢氧化	燃烧或加热

4. Na_2CO_3 与 NaHCO_3 比较

名 称		碳 酸 钠	碳 酸 氢 钠
俗 名		纯 碱 或 苏 打	小 苏 打
主 要 性 质	色 态	白色粉末	白色细小晶体
	水 溶 性	易溶于水,溶液呈碱性	易溶于水(但比 Na_2CO_3 溶解度小) 溶液呈碱性
	稳 定 性	稳定,但结晶碳酸钠 ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)易风化	受热易分解
	与 H^+ 反应	$\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$	$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$
	与碱反应 [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]	与 OH^- 不反应,但 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow$	$\text{Ca}^{2+} + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (碱足量) $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ (碱不足)
	盐		
	CaCl_2	$\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 \downarrow$	不反应
	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$2\text{Al}^{3+} + 3\text{CO}_3^{2-} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$	$\text{Al}^{3+} + 3\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + 3\text{CO}_2 \uparrow$
主 要 用 途		玻璃、造纸、制皂、洗涤	发酵、医药、灭火器
相 互 转 化		$\text{Na}_2\text{CO}_3 \xrightleftharpoons[\text{①固(加热)②液(NaOH)}]{\text{①CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad \text{②少量 H}^+} \text{NaHCO}_3$	

思维启迪

[例1]有关钠的叙述正确的是

- A. 2.3 g 钠与 97.7 g 水反应后溶液的溶质质量分数大于 4%
 B. 钠跟硫酸铜溶液反应生成的蓝色沉淀上有时出现暗斑,这是析出了金属铜
 C. 空气要用碱石灰处理后才能与钠反应,以制取过氧化钠
 D. 钠、钾是低熔点轻金属,所以钠钾合金在常温时柔软似蜡

解析:A 中 2.3 g 钠与水反应生成 4.0 g 氢氧化钠,且放出 0.1 g 氢气,溶液质量为 $2.3 \text{ g} + 97.7 \text{ g} - 0.1 \text{ g} = 99.9 \text{ g}$,其氢氧化钠的质量分数大于 4%,A 正确。B 中钠与硫酸铜溶液反应为 $2\text{Na} + \text{CuSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cu}(\text{OH})_2 \downarrow + \text{H}_2 \uparrow$,在钠与水反应时剧烈放热以致使表面附近的氢氧化铜分解为黑色氧化铜,而不是金属铜,B 不正确。用碱石灰处理空气是为了除去其中的少量二氧化碳和水蒸气,以免制得的过氧化钠又与它们反应掺入碳酸钠和氢氧化钠,影响产品的质量,C 正确。通常合金的熔点低于其组分金属,钠钾合金(含钾 50%~80%)在常温时呈液态,D 不正确。

答案:AC

[例2]下列对于 Na_2O_2 的叙述中,正确的是

- A. Na_2O_2 能与酸反应生成盐和水,所以 Na_2O_2 是碱性氧化物
 B. Na_2O_2 能与水反应,所以 Na_2O_2 可以作气体的干燥剂
 C. Na_2O_2 与水反应时, Na_2O_2 是氧化剂,水是还原剂
 D. Na_2O_2 与二氧化碳反应时, Na_2O_2 既是氧化剂又是还原剂

解析:(1)能和酸反应,生成盐和水的氧化物叫碱性氧化物。而 Na_2O_2 和酸反应,除生成盐和水外,还有氧气生成,例如:
 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 4\text{HCl} \rightleftharpoons 4\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$ 。所以 Na_2O_2 不是碱性氧化物。(2)虽然 Na_2O_2 可吸收水蒸气,但在吸收水的同时还有氧气生成,即 $2\text{Na}_2\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 4\text{NaOH} + \text{O}_2 \uparrow$,从而使被干燥的气体中混有氧气。 Na_2O_2 只可以干燥氧气,但一般不用 Na_2O_2 进行干燥。(3) Na_2O_2 与水、二氧化碳等物质发生化学反应时,电子转移都发生在 Na_2O_2 中氧元素

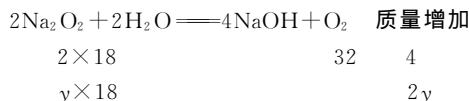
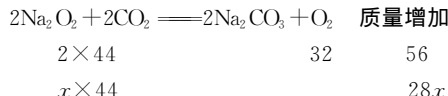
的两个原子之间: $\text{Na}-\overset{\text{e}^-}{\text{O}}-\text{O}-\text{Na}$,其中的一个氧原子失 1 个电子,化合价从 -1 价升高到 0 价,另一个氧原子得 1 个电子,化合价从 -1 价降到 -2 价。所以在这些反应中, Na_2O_2 既是氧化剂,又是还原剂。

答案:D

[例3]200℃ 时,11.6 g CO_2 和水蒸气的混合气体与足量的 Na_2O_2 充分反应,反应后固体的质量增加了 3.6 g。则原混合气体的平均式量为

- A. 5.8 B. 11.6 C. 23.2 D. 46.4

解法一:差量法。设原混合气体中含 CO_2 和 H_2O 物质的量分别为 x 、 y 。



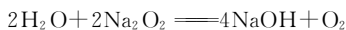
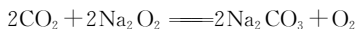
依题意可得下列方程组 $\begin{cases} 28x + 2y = 3.6 \\ 44x + 18y = 11.6 \end{cases}$

所得 $x=0.1(\text{mol})$, $y=0.4(\text{mol})$

则混合气体的平均式量为

$$\bar{M} = \frac{11.6}{0.1+0.4} = 23.2。$$

解法二:平均值法。由方程式



可知,固体增加的质量($m_{\text{增}}$)应是 m_{CO_2} 与 $m_{\text{H}_2\text{O}}$ 的总和减去 m_{O_2} 之值,即

$$m_{\text{CO}_2} + m_{\text{H}_2\text{O}} - m_{\text{O}_2} = m_{\text{增}}$$

$$\text{所以 } m_{\text{O}_2} = 11.6 - 3.6 = 8 \text{ g}$$

$$\text{则 } n_{\text{O}_2} = \frac{8}{32} = 0.25(\text{mol})$$

又由于 $n_{\text{O}_2} = \frac{(n_{\text{H}_2\text{O}} + n_{\text{CO}_2})}{2}$, 所以混合气体的平均式量为

$$\bar{M} = \frac{11.6}{2 \times 0.25} = 23.2 \quad \text{故选 C。}$$

解法三:估算方法

因为原混合气体是 CO_2 和水蒸气组成,所以混合气体的平均式量必介于两种的气体的摩尔质量之间,而 CO_2 的摩尔质量为 44,水蒸气的摩尔质量为 18。故选 C。

[例4]将一定量的 NaOH 与 NaHCO_3 的混合物 A,放在密闭容器中加热,充分反应后生成气体 $V_1 \text{ L}$ ($V_1 \neq 0$)。将反应后的固体残渣 B 与过量盐酸反应,又生成 CO_2 $V_2 \text{ L}$ 。(气体体积在标准状况下测定)

(1)B 的成分是_____。

A. Na_2CO_3 与 NaOH B. Na_2CO_3 与 NaHCO_3

C. Na_2CO_3 D. NaOH

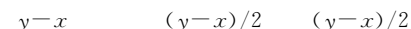
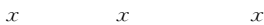
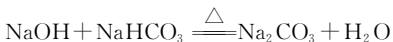
(2)A 中 NaOH 与 NaHCO_3 共 _____ mol; NaOH 与 NaHCO_3 物质的量之比为 _____。

解析:在密闭容器中加热 NaHCO_3 与 NaOH 的混合物,可能的反应有: $\text{NaOH} + \text{NaHCO}_3 \longrightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 和 $2\text{NaHCO}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$, 反应后的固体残渣有两种可能的组成,① NaOH 和 Na_2CO_3 ; ② Na_2CO_3 , 混合物在密闭容器中受热充分反应后,在标准状况下能收集到气体 $V_1 \text{ L}$, 说明 NaHCO_3 过量,该气体为 CO_2 气体。

答案:(1)C

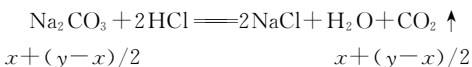
(2)解法一:(常规法)

设原混合物 A 中 NaOH 、 NaHCO_3 物质的量分别为 x 、 y 。



两反应共生成 Na_2CO_3 : $x + (y-x)/2 \text{ mol}$

将固体残渣 B 溶于盐酸,则发生如下反应:



$$\text{依题意} \begin{cases} \frac{1}{2}(y-x) = \frac{V_1}{22.4} \\ x + \frac{1}{2}(y-x) = \frac{V_2}{22.4} \end{cases}$$

$$\text{解得} \begin{cases} x = \frac{V_2 - V_1}{22.4} \\ y = \frac{V_2 + V_1}{22.4} \end{cases}$$

则原混合物 A 中 NaOH 与 NaHCO_3 共有 $x + y = \frac{V_2}{11.2} \text{ mol}$,

两者之比为 $\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$ 。

解法二:(守恒法)

因为 $V_1 \neq 0$, A 受热发生反应后必无 NaOH 、 NaHCO_3 剩余, A 中的 Na^+ 完全转移到 Na_2CO_3 (其物质的量为 $\frac{V_2}{22.4} \text{ mol}$)。则 A 中的 Na^+ 共 $\frac{V_2}{11.2} \text{ mol}$, 即 NaOH 与 NaHCO_3 共 $\frac{V_2}{11.2} \text{ mol}$ 。

A 中碳元素全部转化为 CO_2 , 共 $\frac{V_1 + V_2}{22.4} \text{ mol}$ 。所以 A 中 NaHCO_3 为 $\frac{V_1 + V_2}{22.4} \text{ mol}$

A 中 NaOH 为 $\frac{V_2}{11.2} - \frac{V_1 + V_2}{22.4} = \frac{V_2 - V_1}{22.4} \text{ mol}$ NaOH 与 NaHCO_3 物质的量之比为 $\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}$ 。



能力培养

- ▶ 1. 下列关于钠离子的叙述中,正确的是 ()
 - A. 比较活泼要保存在煤油中
 - B. 是钠原子的还原产物
 - C. 为无色
 - D. 比水重,所以一般存在于溶液的下部
- ▶ 2. 一小块钠置于空气中,有下列现象:①变成白色粉末,②变暗,③变成白色固体,④变成液体,上述现象出现的先后顺序是 ()
 - A. ①②③④
 - B. ②③④①
 - C. ②③①④
 - D. ③②④①
- ▶ 3. 钠的下列用途与钠的化学性质无关的是 ()
 - A. 制取过氧化钠
 - B. 作原子反应堆的导热剂
 - C. 冶炼金属钛
 - D. 应用在电光源上
- ▶ 4. 称量烧碱时,不将它放在纸上,而是放置在烧杯等玻璃器皿中,主要是因为 ()
 - A. 放在纸上称量不如置于烧杯中称量精确
 - B. 配制溶液总是在烧杯中进行的,直接在烧杯中进行称量的目的是为了减少操作步骤
 - C. 烧碱易潮解,且腐蚀性强
 - D. 纸上称量易沾上杂质,降低所配溶液纯度
- ▶ 5. 关于 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 的下列说法中正确的是 ()
 - A. Na_2CO_3 比 NaHCO_3 易溶于水
 - B. NaHCO_3 比 Na_2CO_3 稳定
 - C. 石灰水能和 NaHCO_3 反应,不与 Na_2CO_3 反应
 - D. 等物质的量的 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 与盐酸反应,消耗 HCl 的物质的量为 2 : 1

- 6. $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{Na}_2\text{CO}_3$ 与 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{HCl}$ 等体积混合, 因操作不同, 释出二氧化碳的量不同, 其叙述正确的是…
..... ()
- A. 将 Na_2CO_3 溶液滴入盐酸释出 CO_2 的量多
B. 将 HCl 溶液滴入 Na_2CO_3 溶液释出 CO_2 的量多
C. 将 HCl 溶液滴入 Na_2CO_3 溶液并振荡可能不释出 CO_2
D. 无论怎样混合释出的 CO_2 量一样多
- 7. 将含有 CH_4 和 O_2 的气体通入装有 $23.4 \text{ g Na}_2\text{O}_2$ 密闭容器中, 电火花点燃, 反应结束后, 容器于 150°C 测得压强为 0 Pa 。将残留固体溶于水, 无气体逸出, 下面叙述正确的是 …… ()
- A. 原混合气体中 CH_4 和 O_2 的体积比为 $2:1$
B. 原混合气体中 CH_4 和 O_2 的体积比为 $1:2$
C. 残留固体中只有 Na_2O_2
D. 残留固体中只有 Na_2CO_3
- 8. 将 NaOH 、 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 CaO 组成的混合物 18.6 g 溶于足量水中, 充分搅拌一段时间后, 测得 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 均已转化为沉淀。若将反应器中的水分蒸干, 最后得到白色固体物质共 19.5 g 。则原混合物中 Na_2CO_3 的质量是 …… ()
- A. 10.6 g B. 5.3 g C. 7.8 g D. 2.65 g
- 9. (1) 将一小粒金属钠投入盛有滴有酚酞的冷水的烧杯中可观察到哪些实验现象? 产生这些现象的原因是什么?
(2) 请你对课本中钠与水反应的实验装置进行改进, 要求你所改进的实验装置在进行钠与水反应的实验时, 能够将气体富集后用于检验(点燃)。
- 10. 某课外活动小组学生模拟呼吸面具中的原理(过氧化钠与潮湿的二氧化碳反应), 设计用图 2—1 所示的仪器来制取氧气并测量氧气的体积。

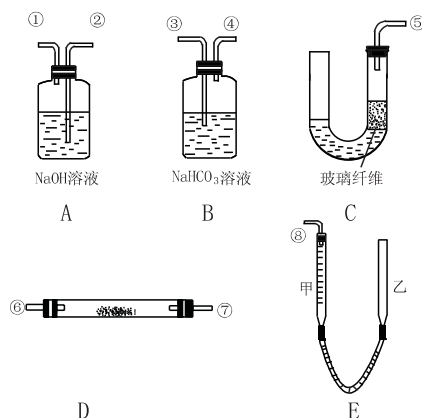


图 2-1

图中量气装置 E 是由甲、乙两根玻璃管组成,它们用橡皮管连通,并装入适量水。甲管有刻度(0~50 mL),供量气用;乙管可上下移动,以调节液面高低。

实验室可供选用的药品还有:稀硫酸、盐酸、过氧化钠、碳酸钠、大理石、水。

试回答：

- (1) 图 2—1 中装置的连接顺序是(填各接口的编号, 其中连接胶管及夹持装置均省略): _____。
- (2) 装置 C 中放入的反应物是 _____ 和 _____。
- (3) 装置 A 的作用是 _____。装置 B 的作用是 _____。
- (4) 为了较准确地测量氧气的体积, 除了必须检查整个装置的气密性之外, 在读反应前后甲管中液面的读数求其差值的过程中, 应注意 _____ 和 _____ (填写字母编号)。
- 视线与凹液面最低处相平。
 - 等待片刻, 待乙管中液面不再上升时, 立刻读数。
 - 读数时应上下移动乙管, 使甲、乙两管液面相平。
 - 读数时不一定使甲、乙两管液面相平。

二、碱金属

知识网络

碱金属

- 周期表中的位置（周期、族）
- 原子结构
 - 表示方法
 - 原子结构示意图：钠 Na $\left(\overset{+11}{\textcircled{}} \right) 2 \quad 8 \quad 1$
 - 电子式：铷 $\text{Rb} \cdot$
 - 比较
 - 相同点：最外层电子数相同
 - 不同点：电子层数不同
- 主要性质
 - 相似性
 - 最高正价为 +1 价，无气态氢化物，但能形成属离子化合物的氢化物。如 NaH
 - 氧化物对应水化物为可溶性强碱，典型的活泼金属元素
 - 递变性（按原子序数递增的顺序）
 - 原子半径由小到大
 - 元素的金属性增强
 - 氧化物对应水化物的碱性增强
 - 单质的熔点、沸点逐渐降低
- 离子的检验方法：焰色反应

规律点睛

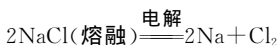
1. 碱金属元素为同周期最活泼的金属元素,极易失去电子形成阳离子,因而它们的单质都具有较强的还原性,所形成的化合物通常都为离子化合物,易溶于水。在自然界中最活泼的金属元素是铯(钫因为是放射性元素,在自然界中不能稳定存在)。

2. 碱金属在氧气中燃烧的产物,以及碱金属的保存

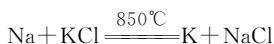
碱金属从 $\text{Li} \rightarrow \text{Cs}$ 还原性递增,与氧燃烧的产物越来越复杂,依次为 Li_2O 、 Na_2O_2 、 KO_2 等,它们相应碱的碱性逐渐增强。由于碱金属都很活泼,在常温下就容易跟空气中的氧气、水等反应,所以碱金属单质通常保存在煤油中。但锂的密度比煤油的密度小,常把锂封在固体石蜡中保存。

3. 碱金属的制取

金属 Li 和 Na 主要是用电解熔融氯化物的方法制取,如:

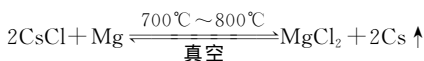
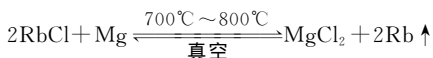


金属 K 因为易溶于熔盐不易分离,且电解时有副反应发生,故一般采用热还原法,在 850°C 的高温下用 Na 从熔融 KCl 中把 K 置换出来:



置换出的钾由于密度比钠小,故浮在熔融液上面,同时,由于钾的沸点比钠低,在 850°C 时,钾变为蒸气挥发出来,而钠还未被气化。根据化学平衡移动原理,钾的挥发导致产物浓度减小,故平衡右移,直至反应完全。

铷和铯的金属性更强,电解熔融盐类时,收集金属更困难,另一方面,铷和铯沸点更低(分别为 688°C 和 678.4°C),有利于气态时收集,故工业上常用活泼金属还原法制取 Rb 和 Cs ,如:



4. 焰色反应

许多金属或它们的化合物在燃烧时火焰呈特殊的颜色,这在化学上叫做焰色反应,是一种物理现象。钠是黄色;钾是紫色(透过蓝色钴玻璃);钙是砖红色。做焰色反应的实验时应注意:(1)火焰本身尽可能无色,(2)铂丝要洁净,(3)焰色反应鉴定物质的方法,一般是在其他化学方法无效时才采用。

思维启迪

[例1] A 、 B 、 C 、 D 4 种化合物,其焰色反应均为浅紫色, A 、 B 、 C 和盐酸反应都可得到 D ; B 、 C 以等物质的量在溶液中反应可得到 A ;若在 B 溶液中通入一种无色无刺激性气味的气体,适量时得 A ,过量时得 C ,则 A 为 _____, B 为 _____, C 为 _____, D 为 _____。

解析:因焰色反应为浅紫色,故为 K 的化合物, B 中通入无色无味气体适量得 A 、过量得 C 是解题的关键。

答案: K_2CO_3 KOH KHCO_3 KCl

[例2] 下列关于铯及其化合物的说法,不正确的是

- A. 氢氧化铯是一种强碱
B. 铯与水或与酸反应强烈,都能生成氢气

C. 碳酸铯加热可生成氧化铯和二氧化碳

D. 硫酸铯、碳酸铯、亚硫酸铯都易溶于水

解析:本小题实质是通过碱金属元素性质的递变规律,来推知铯的有关性质。 A 中铯的金属性比钠强,所以 CsOH 的碱性应强于 NaOH ,它是一种强碱。 B 中 Cs 和 Na 同一族,性质有相似性,且 Cs 比 Na 活泼,故该说法也正确。 C 中碱金属的碳酸盐加热很难分解,且金属越活泼,稳定性越强,所以该说法错误。 D 中根据 Na 的性质,不难推知此说法正确。

答案:C

[例3] 碱金属(如锂、钠、钾、铷等)溶于汞中可形成良好的还原剂“汞齐”。取 7 g 某种碱金属的汞齐与水作用,得到 2.24 L (标准状况)氢气,并得到 1 L 密度为 $\rho\text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的溶液,则溶液中溶质的质量分数可以是

- A. $\frac{0.8}{\rho}\%$ B. $\frac{0.48}{\rho}\%$ C. $\frac{0.32}{\rho}\%$ D. $\frac{0.7}{\rho}\%$

解析:汞不能与水反应,汞齐中的碱金属(M)与水反应,由化学方程式为: $2\text{M} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{MOH} + \text{H}_2 \uparrow$,可知碱金属的物质的量为 $0.1\text{ mol} \times 2 = 0.2(\text{mol})$,碱金属的摩尔质量 $< 7/0.2 = 35(\text{g} \cdot \text{mol}^{-1})$ 。相对原子质量小于 35 的碱金属只有 Li 和 Na 。分别计算可知答案为 A 、 B 。

答案:AB

能力培养

- 1. 下列叙述中正确的是 ()
- A. 在碱金属元素中,所有碱金属的氧化物均属于碱性氧化物
B. 由于碱金属形成的碱均为强碱,所以碱金属形成的盐均不会水解
C. 金属锂不能保存于煤油中,金属钾可以保存于煤油中
D. 虽然自然界含钾的物质均易溶于水,但土壤中钾含量太少,故需施用钾肥
- 2. 锂和镁,在元素周期表中有特殊的“对角关系”,它们的性质相似,如它们的单质在过量的 O_2 中燃烧,都不生成过氧化物。下列关于锂及其化合物的叙述中,正确的是 ()
- A. Li_2SO_4 难溶于水
B. LiOH 加热时,不会分解
C. Li 遇浓 H_2SO_4 不发生钝化
D. Li_2CO_3 加热时,分解成 Li_2O 和 CO_2
- 3. 下列关于铷的叙述中,不正确的是 ()
- A. 金属铷投入水中会引起爆炸
B. 铷是一种强还原剂,铷离子很稳定
C. 铷受热后,能在空气中剧烈燃烧,生成比过氧化物更复杂的氧化物
D. 铷原子的核电荷数比钾原子的核电荷数多,因此铷原子失电子的能力小于钾原子
- 4. 焰色反应每次实验都要用试剂洗净铂丝,这种试剂是 ()
- A. Na_2CO_3 溶液 B. NaOH 溶液

C. 硫酸

D. 稀盐酸

- 5. 某碱金属 R 的单质 m g, 与 3.55 g Cl_2 恰好反应, 生成了 $(m+3.55)$ g 氯化物, 将 m g R 与 O_2 反应, 生成化合物的质量可能为 ()

- A. $(m+6.4)$ g B. $(m+0.8)$ g
C. $(m+1.6)$ g D. $(m+2.4)$ g

- 6. 为了测定某种碱金属的相对原子质量而设计的装置如图 2—2。该装置(包括水)的总质量为 a g, 将质量为 b g(不足量)的碱金属放入水中, 立即塞紧瓶塞。完全反应后再称量此装置的总质量为 c g。则:

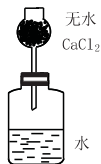


图 2—2

- (1) 列出计算该碱金属相对原子质量的数学表示式 _____。
(2) 无水氯化钙的作用是 _____。
(3) 如果不用 CaCl_2 , 求出的相对原子质量比实际相对原子质量偏大还是偏小? _____, 理由是 _____。

- 7. 为了制取纯净干燥的气体 A, 可用图 2—3 所示装置, 生成 A 的速度可通过滴入液体 B 的速度控制, 已知 A 是一种无色、无气味、不能使酸碱指示剂变色、也不会空气中燃烧的气体。

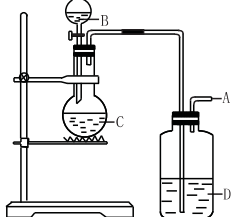


图 2—3

- (1) A 是 _____;
(2) 若 C 是一种淡黄色固体, 则烧瓶中发生反应的化学方程式为: _____。
(3) 若 C 是一种黑色粉末, 则 B 物质是 _____, C 物质的作用是 _____。
(4) 洗气瓶中的试剂是 _____, 其作用是 _____。

- 8. 已知氧化物有: 普通氧化物, 如 Na_2O ; 过氧化物, 如 Na_2O_2 ; 超氧化物, 如 KO_2 ; 臭氧化物, 如 RbO_3 , 其中后三种均能与水或 CO_2 反应产生 O_2 。试分别写出 KO_2 、 RbO_3 与 CO_2 反应的化学方程式: _____。

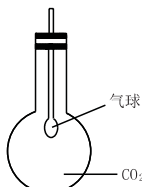


图 2—4

现已用平底烧瓶收集得到 CO_2 , 在瓶内有一只扎紧在玻璃管末端的气球, 如图 2—4 所示。打开塞子迅速往瓶里加入下列物质中的 _____(填序号), 立即塞紧塞子, 一段时间后, 气球就会自动膨胀起来。

- A. Na_2O B. Na_2O_2
C. KO_2 D. RbO_3

- 9. 草木灰中含有碳酸钾, 海藻灰中含有碘盐。从草木灰中提取碳酸钾, 从海藻灰中提取碘, 并做有关检验。

- (1) 用石蕊试纸检验溶液酸碱性, 正确的操作方法是 _____。
(2) 为测定草木灰中碳酸钾含量, 需配制一定物质的量浓度的溶液。配制前检查容量瓶是否漏水的方法是 _____。
(3) 从草木灰中提取钾盐。过滤后的溶液在蒸发皿里加热以得到钾盐晶体。加热过程中要 _____, 当蒸发到 _____时停止加热。
(4) 用焰色反应检验 K^+ , 某学生用无锈铁丝去沾碳酸钾粉末, 却沾不上, 这是因为 _____; 某学生沾上了钾盐粉末, 但在酒精灯上灼烧时看到火焰是黄色而看不到紫色, 这是因为 _____。某学生采用正确的方法观察到了紫色, 能否判断有无 Na^+ 存在? 答: _____。
(5) 将氯气通入海藻灰溶液, 溶液变为浅棕色。将 CCl_4 加入溶液中, 充分振荡, 静置分层后, 下层液体的颜色是 _____色。

- 10. 今有 1.40 g 碱金属(M)及其氧化物(M_2O)的混合物水反应, 生成 1.79 g 碱。求混合物成分及其组成。



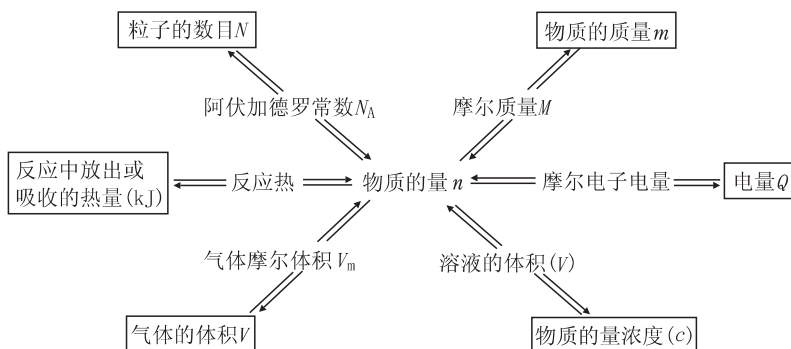
复习札记

第三章 物质的量

一、以物质的量为中心的各量间的关系

知识网络

熟练掌握四种关系及各种量的符号



规律点睛

1. 正确理解五个概念

(1) 物质的量: 物质的量实际上表示含有一定数目粒子的集体。物质的量的符号为 n , 其单位是摩尔, 简称摩, 符号为 mol。1 mol 任何粒子的粒子数与 0.012 kg ^{12}C 中所含的碳原子数相同。这里的粒子指分子、原子、离子、电子、质子、中子等。摩尔的引入, 把不可见、不便称量的粒子变成了可见、便于称量的物质。

(2) 阿伏加德罗常数: 1 mol 的任何粒子的粒子数叫做阿伏加德罗常数, 其符号为 N_A , 最新测定数据为 $6.0221367 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 通常使用 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ 这个近似值。

(3) 气体摩尔体积: 单位物质的量气体所占的体积叫做气体摩尔体积, 其符号为 V_m 。单位为 $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ 、 $\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ 。

(4) 摩尔质量: 单位物质的量的物质所具有的质量叫做摩尔质量, 其符号为 M , 单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ 或 $\text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ 。摩尔质量以克为单位时, 在数值上都与该粒子相对原子质量或相对分子质量相等。

(5) 物质的量浓度: 以单位体积溶液里所含溶质 B 的物质的量来表示溶液组成的物理量, 叫做溶质 B 的物质的量浓度, 其符号为 $c(\text{B})$, 常用的单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 或 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

2. 物质的量与其他量之间的换算恒等式

$$n = \frac{m}{M} = \frac{V(\text{g})}{V_m} = \frac{N}{N_A} = \frac{Q}{\Delta H} = \frac{xS}{M(100+S)} = c \cdot V$$

式中 n 为物质的量, 单位为 mol; m 为物质质量, 单位为 g;

M 为摩尔质量, 单位为 $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $V(\text{g})$ 为标准状况下气体体积, 单位为 L; V_m 为标准状况下气体摩尔体积, 单位为 $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$; N 为微粒个数; N_A 为阿伏加德罗常数 $6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; Q 为物质的反应热, 单位为 J 或 kJ; ΔH 为摩尔反应热, 单位为 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$; c 为物质的量浓度, 单位为 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V(\text{aq})$ 为溶液体积, 单位为 L; x 为饱和溶液的质量, 单位为 g; S 为溶解度, 单位为 g。

3. 有关计算的几个导出关系

(1) 求气态物质的摩尔质量或相对分子质量:

气态物质的摩尔质量 = 标准状况下气体的密度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$) $\times 22.4 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} = A$ 对 B 的相对密度 $\times B$ 的摩尔质量。气体的摩尔质量去掉单位即为其相对分子质量。

(2) 比较气体体积的大小或含有粒子数目的多少: 关键是比较气体的物质的量(摩尔)的大小。

注意: a. 不同物质或相同物质, 在物质的量相同时, 所含构成的粒子数必相同, 即 $n_1 : n_2 = N_1 : N_2$ (n 表示物质的量, N 表示粒子数)

b. 相同质量(用 m 表示)的不同物质(其摩尔质量分别为 $M_1 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M_2 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

$$N_1 : N_2 = n_1 : n_2 = \frac{m}{M_1} : \frac{m}{M_2} = M_2 : M_1$$

c. 一些包含关系, 如 $A \text{ mol } X_a \cdot Y_b \cdot Z_c$ 型的物质, 其所含 X、Y、Z 的物质的量分别为 $A \cdot a \text{ mol}$ 、 $A \cdot b \text{ mol}$ 、 $A \cdot c \text{ mol}$ 。例如 $0.5 \text{ mol Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 中含 Ca^{2+} 为 0.5 mol , 含 H_2PO_4^- 为 $0.5 \text{ mol} \times 2 = 1 \text{ mol}$, 氢原子为 $0.5 \text{ mol} \times 2 \times 2 = 2 \text{ mol}$, 氧原子为 $0.5 \text{ mol} \times 4 \times 2 = 4 \text{ mol}$ 。