

“氯及其化合物”复习导航

河南省鲁山县第三高级中学 (467300) 师殿峰

一、知识归纳

1. 氯元素

(1) 存在: 氯元素在自然界中以化合态形式存在。氯元素是最重要的“成盐元素”, 主要以 NaCl 的形式存在于海水和陆地的盐矿中。

(2) 原子结构: 氯的原子序数为 17, 氯元素在元素周期表中位于第三周期第 VII A 族, 氯的原子结构示意图为 $\text{⑰} \begin{matrix} \text{2} \\ \text{8} \\ \text{7} \end{matrix}$, 氯原子的最外电子层上有 7 个电子, 氯原子很容易得到 1 个电子而形成氯离子 (Cl^-)。氯元素为典型的非金属元素。

2. 氯气

(1) 物理性质:

在通常状况下, Cl_2 是黄绿色、有强烈刺激性气味的气体, 密度比空气大, 易液化, 能溶于水(在常温下 1 体积水约溶解 2 体积 Cl_2), Cl_2 有毒。

注意: Cl_2 有毒, 在实验室闻氯气气味时, 应用手轻轻在瓶口扇动, 仅使极少量的氯气飘进鼻孔。

(2) 化学性质:

Cl_2 是一种化学性质很活泼的非金属单质。

① 氧化性:

▶ 氨水反应时, 都有可能过量; 而与 pH 为 11 的氢氧化钠溶液反应时酸可能过量或二者恰好反应。答案: AB

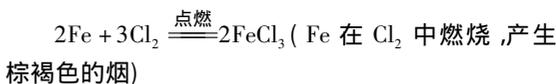
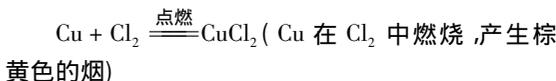
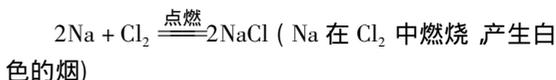
例 6 常温下, 若 HA 溶液和 NaOH 溶液混合后 pH = 7, 下列说法不合理的是()。

- A. 反应后 HA 可能有剩余
- B. 生成物 NaA 的水溶液的 pH 可能小于 7
- C. HA 溶液和 NaOH 溶液的体积可能不相等
- D. HA 溶液的 $c(\text{H}^+)$ 和 NaOH 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 可能不相等

解析 HA 可能是强酸也可能是弱酸, HA 和 NaOH 溶液混合后 pH = 7 的溶液可能是单一溶质溶液也可能是混合溶液。若 HA 是弱酸, HA 溶液和 NaOH 溶液混合后 pH = 7 所得溶液为 NaA 与 HA 的混合溶液, 若 HA 是强酸, 所得溶液为 NaA 溶液, NaA 为强酸强碱盐, 故 A、C 正确, B 错误。由于 HA 溶液

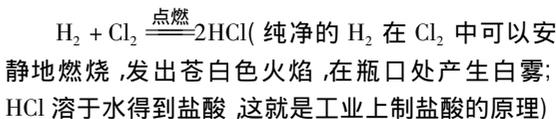
Cl_2 具有较强的氧化性, 能与多种金属或非金属直接化合, 还能与具有还原性的化合物起反应。

A. 与金属反应: Cl_2 与金属反应, 生成金属氯化物。如:



注意: Cl_2 与变价金属 Fe、Cu 反应, 生成高价金属的氯化物 FeCl_3 、 CuCl_2 。

B. 与非金属反应: 氯气与非金属反应, 生成非金属氯化物。如:



注意: 因 H_2 与 Cl_2 混合后光照会发生爆炸, 所以工业上不能在光照条件下使 H_2 与 Cl_2 反应制 HCl。

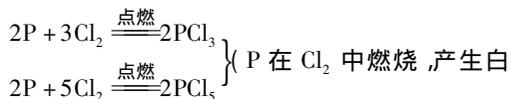
和 NaOH 的体积不一定相等, 故 HA 溶液的 $c(\text{H}^+)$ 和 NaOH 溶液的 $c(\text{OH}^-)$ 可能不相等, D 正确。答案: B

例 7 室温时下列混合溶液的 pH 一定小于 7 的是()。

- A. pH = 3 的盐酸和 pH = 11 的氨水等体积混合
- B. pH = 3 的盐酸和 pH = 11 的氢氧化钡溶液等体积混合
- C. pH = 3 的醋酸溶液和 pH = 11 的氢氧化钡溶液等体积混合
- D. pH = 3 的硫酸溶液和 pH = 11 的氨水等体积混合

解析 A 项氨水过量, pH > 7; B 项 pH = 7; C 项 CH_3COOH 过量, pH < 7; D 项氨水过量, pH > 7。答案: C

(收稿日期: 2015 - 05 - 06)



色烟雾)

注意: 烟是大量细小的固体颗粒分散在空气中的现象, 雾是大量的细小液滴分散在空气中的现象.

C. 与具有还原性的化合物反应: Cl_2 能将具有还原性的化合物(如 $NaBr$ 、 NaI 、 H_2S 、 $FeCl_2$ 、 Na_2SO_3 等)氧化. 如: $2NaX + Cl_2 = 2NaCl + X_2$ ($X = Br, I$), $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S \downarrow$, $2FeCl_2 + Cl_2 = 2FeCl_3$, $Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HCl$.

注意: 氯气能使湿润的淀粉碘化钾试纸变蓝色, 可证明氯气具有氧化性.

②歧化性:

在氯气分子中, 氯元素为 0 价(处于中间价). 在一定条件下, 氯气既能表现氧化性, 又能同时表现还原性, 即发生歧化反应(发生在同一物质分子内、同一价态的同一元素之间的氧化还原反应, 叫做歧化反应). 如氯气与水、碱等的反应, Cl_2 都表现出歧化性.

A. 与水反应: 在常温下, 溶于水的 Cl_2 部分与水反应, 生成盐酸和次氯酸.



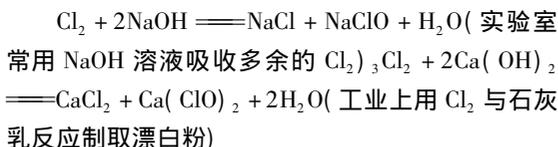
注意: a. 氯气的水溶液叫做氯水. 在新制氯水中, 含有 H_2O 、 Cl_2 、 $HClO$ 三种分子和 H^+ 、 Cl^- 、 ClO^- 、 OH^- 四种离子, 因而新制氯水具有多重性质.

b. 干燥的氯气没有漂白性, 而潮湿的氯气(或氯水)具有漂白性. 这是因为氯气与水反应生成了次氯酸, 次氯酸的强氧化性将色素氧化而使其褪色.

c. $HClO$ 的强氧化性能杀死水里的病菌, 所以自来水常用氯气杀菌消毒.

d. 次氯酸是很弱的酸, 不稳定, 只存在于水溶液中; 在光照下易分解放出氧气: $2HClO \xrightarrow{\text{光照}} 2HCl + O_2 \uparrow$, 所以久置氯水相当于稀盐酸.

B. 与碱反应: 在常温下, 氯气能与强碱溶液反应. 如:



注意:

a. Cl_2 与碱反应的实质为: 氯气首先与水反应生成盐酸和次氯酸, 然后生成的盐酸和次氯酸分别与碱反应生成相应的盐和水; 将两步反应的化学方程

式叠加可得到总化学方程式.

b. 漂白液的有效成分为 $NaClO$; 漂白粉和漂粉精的有效成分为 $Ca(ClO)_2$.

c. 在潮湿的空气里, 次氯酸钙与空气里的 CO_2 和水蒸气反应生成次氯酸: $Ca(ClO)_2 + CO_2 + H_2O = CaCO_3 \downarrow + 2HClO$, 所以漂白粉也具有漂白性.

d. 在加热条件下, Cl_2 与强碱溶液反应生成氯化物和氯酸盐. 如: $3Cl_2 + 6NaOH \xrightarrow{\Delta} 5NaCl + NaClO_3 + 3H_2O$, $6Cl_2 + 6Ca(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$.

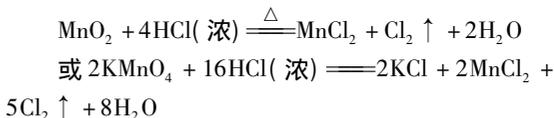
③沉淀性:

将 Cl_2 通入硝酸银溶液中, 可生成白色沉淀. 其实质为: $Cl_2 + H_2O \rightleftharpoons HCl + HClO$, $HCl + AgNO_3 = AgCl \downarrow + HNO_3$.

(3) 实验室制法:

在实验室常用 MnO_2 与浓盐酸(或 $KMnO_4$ 与浓盐酸)反应制取氯气.

①反应原理:



注意:

a. 反应实质是强氧化剂将 Cl^- 氧化为 Cl_2 .

b. 所用盐酸必须是浓盐酸.

c. 在上述反应中盐酸表现出还原性和酸性.

②发生装置:

“固 + 液 $\xrightarrow{\Delta}$ 气”型(用于 MnO_2 与浓盐酸反应)或“固 + 液 \rightarrow 气”型(用于 $KMnO_4$ 与浓盐酸反应).

③收集方法:

向上排空气法或排饱和食盐水法.

④干燥方法:

通过装有浓 H_2SO_4 的干燥瓶.

⑤验满方法:

如果用排空气法收集氯气, 可将湿润的淀粉碘化钾试纸放在集气瓶口, 若淀粉碘化钾试纸变蓝, 说明已收集满 Cl_2 . 也可将湿润的有色布条放在集气瓶口, 若有有色布条褪色, 说明已收集满 Cl_2 .

⑥尾气处理:

多余的 Cl_2 不能排到大气中, 应用 $NaOH$ 溶液吸收.

⑦实验装置:

用 MnO_2 与浓盐酸反应制取纯净、干净的氯气,

并用向上排空气法收集氯气的实验装置如图 1 所示. 其中, A 是气体发生装置; B 是净化装置, 除去氯气中的 HCl 气体; C 是干燥装置, 除去氯气中的水蒸气; D 是收集装置; E 是尾气处理装置, 吸收多余的氯气.

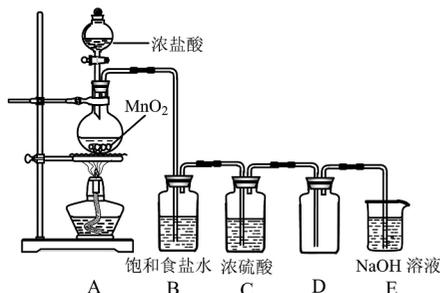


图 1

⑧实验步骤(用 MnO_2 与浓盐酸反应):

- 连接好装置后, 检查装置的气密性;
- 在圆底烧瓶中加入二氧化锰粉末;
- 往分液漏斗中加入浓盐酸, 再缓缓滴入圆底烧瓶中;
- 缓缓加热, 使气体均匀逸出;
- 收集氯气后, 结束实验.

⑨注意事项:

- 装置连接好后, 应首先检查装置的气密性;
- 气体通过净化装置和干燥装置时, 应是“长进短出”;
- 为避免氯气污染环境, 多余的氯气应用 NaOH 溶液吸收.

3. 次氯酸的化学性质

(1) 弱酸性: $HClO$ 是一种弱酸, 其酸性比碳酸还弱.

(2) 不稳定性: $HClO$ 不稳定, 只存在于水溶液中, 在光照下易分解放出 O_2 .



(3) 强氧化性: $HClO$ 具有强氧化性, 能将一些还原性物质氧化, 如: $HClO + HCl \rightarrow Cl_2 + H_2O$; 还能杀死水中的病菌, 起到消毒的作用.

4. 次氯酸盐

(1) 次氯酸盐中比较重要的是次氯酸钙 $[Ca(ClO)_2]$. 次氯酸盐比次氯酸稳定, 次氯酸盐除具有盐的通性外, 还具有强氧化性.

注意: 无论是酸性、中性还是碱性溶液中, 次氯酸盐都具有强氧化性.



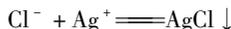
(2) 漂白液的有效成分为 $NaClO$; 漂白粉和漂粉

精的有效成分为 $Ca(ClO)_2$. 在潮湿的空气里, 次氯酸钙与空气里的 CO_2 和水蒸气反应生成次氯酸: $Ca(ClO)_2 + CO_2 + H_2O \rightleftharpoons CaCO_3 \downarrow + 2HClO$, 所以漂白粉(次氯酸钙和氯化钙的混合物)也具有漂白性.

5. 氯离子的检验

(1) 所用试剂: $AgNO_3$ 溶液和稀硝酸.

(2) 检验原理: Cl^- 与 Ag^+ 反应能生成既不溶于水又不溶于稀硝酸的白色沉淀.



(3) 实验过程: 未知溶液 $\xrightarrow{\text{①加入稀硝酸}}$ $\xrightarrow{\text{②振荡}}$

$\xrightarrow{\text{③加入硝酸银溶液}}$ $\xrightarrow{\text{④振荡、静置}}$ 产生白色沉淀, 表明原溶液中含有 Cl^- .

注意: 稀硝酸的作用是为了排除其他离子的干扰. 若溶液中含有 CO_3^{2-} , 它会与 Ag^+ 反应生成白色的 Ag_2CO_3 沉淀; 但 Ag_2CO_3 可溶于稀硝酸.

6. 氯及其重要化合物的相互转化关系(如图 2 所示)

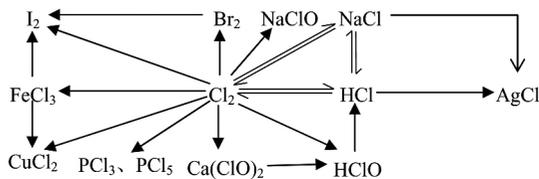


图 2

二、高考题例析

1. 考查有关氯气的性质

例 1 (2006 年上海化学卷) 已知常温下氯酸钾与浓盐酸反应放出氯气, 现按图 3 进行卤素的性质实验. 玻璃管内装有分别滴有不同溶液的白色棉球, 反应一段时间后, 对图 3 中指定部位颜色描述正确的是().

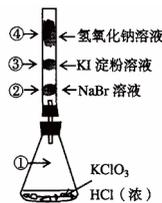


图 3

	①	②	③	④
A.	黄绿色	橙色	蓝色	白色
B.	无色	橙色	紫色	白色
C.	黄绿色	橙色	蓝色	无色
D.	黄绿色	无色	紫色	白色

解析 ①处产生的 Cl_2 为黄绿色; ②处发生的反应为 $Cl_2 + 2NaBr \rightleftharpoons 2NaCl + Br_2$, 棉球应呈橙色; ③处发生的反应为 $Cl_2 + 2KI \rightleftharpoons 2KCl + I_2$, 棉球应

呈蓝色(I₂遇淀粉溶液变蓝色);④处发生的反应为 Cl₂ + 2NaOH = NaCl + NaClO + H₂O,产物为无色,棉球应呈白色.故答案为 A.

例2 (2010年上海化学卷)图4是模拟氯碱工业生产中检查氯气是否泄漏的装置,下列有关说法错误的是().

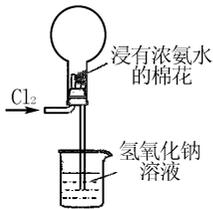


图4

- A. 烧瓶中立即出现白烟
- B. 烧瓶中立即出现红棕色
- C. 烧瓶中发生的反应表明常温下氨气有还原性
- D. 烧杯中的溶液是为了吸收有害气体

解析 分析装置图可知氨气和氯气接触时发生的反应为 8NH₃ + 3Cl₂ = 6NH₄Cl + N₂,则烧瓶中立即出现白烟,而不能出现红棕色气体;因该反应中氨气中的氮元素化合价升高,表现还原性,则烧瓶中发生的反应表明常温下氨气有还原性;因 NaOH 溶液能够与 Cl₂ 反应,且 Cl₂ 有毒,则烧杯中的氢氧化钠是为了吸收有害气体;从而可知,只有 B 项错误.故答案为 B.

2. 考查有关氯的化合物的性质

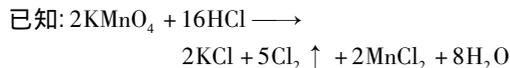
例3 (2005年北京理综卷)将足量稀盐酸加到下列固体混合物中,只能发生一种反应的是().

- A. Mg、AlCl₃、NaAlO₂
- B. KNO₃、NaCl、CH₃COONa
- C. NaClO、Na₂SO₃、BaCl₂
- D. Ba(NO₃)₂、FeSO₄、NH₄HCO₃

解析 对于 A 项, Mg 和 NaAlO₂ 均能与盐酸反应;对于 B 项,只有 CH₃COONa 能与盐酸反应;对于 C 项, NaClO 和 Na₂SO₃ 均能与盐酸反应;对于 D 项,不仅 NH₄HCO₃ 能与盐酸反应,且加入稀盐酸后, Ba(NO₃)₂ 和 FeSO₄ 也能反应(Ba²⁺与 SO₄²⁻生成 BaSO₄ 沉淀;且在 H⁺ 存在下, NO₃⁻ 将 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺). 故答案为 B.

3. 考查有关氯及其化合物的性质

例4 (2012年上海化学卷)图5所示是验证氯气性质的微型实验, a、b、c、d、e 是浸有相关溶液的滤纸. 向 KMnO₄ 晶体滴加一滴浓盐酸后,立即用另一培养皿扣在上面.



对实验现象的“解释或结论”正确的是

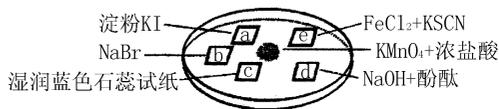


图5

().

选项	实验现象	解释或结论
A.	a 处变蓝 b 处变红棕色	氧化性: Cl ₂ > Br ₂ > I ₂
B.	c 处先变红, 后褪色	氯气与水生成了酸性物质
C.	d 处立即褪色	氯气与水生成了漂白性物质
D.	e 处变红色	还原性: Fe ²⁺ > Cl ⁻

解析 a 处变蓝、b 处变红棕色,说明 Cl₂ 分别将 KI 和 NaBr 氧化生成了 I₂ 和 Br₂,可证明氧化性: Cl₂ > I₂、Cl₂ > Br₂,但无法证明 I₂ 与 Br₂ 之间氧化性的强弱, A 项错误. C 处先变红,说明氯气与水反应生成了酸性物质;后褪色,则证明氯气与水反应生成了具有漂白性物质, B 项错误. d 处立即褪色,也可能是氯气与水反应生成的酸性物质中和了 NaOH, C 项错误. e 处变红说明 Cl₂ 将 Fe²⁺ 氧化为 Fe³⁺,证明还原性: Fe²⁺ > Cl⁻, D 项正确. 故答案为 D.

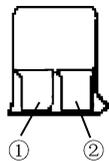


图6

例5 (2012年北京理综卷)用图6所示装置进行下列实验,实验结果与预测的现象不一致的是().

①中的物质	②中的物质	预测①中的现象
A. 淀粉 KI 溶液	浓硝酸	无明显变化
B. 酚酞溶液	浓盐酸	无明显变化
C. AlCl ₃ 溶液	浓氨水	有白色沉淀
D. 湿润红纸条	饱和氯水	红纸条褪色

解析 由题意可知,该实验的实质是小烧杯①中的物质与小烧杯②中挥发出来的物质发生反应. 对于 A 项,浓硝酸挥发性出的 HNO₃ 进入淀粉 KI 溶液中, HNO₃ 将 KI 氧化为 I₂ (4HNO₃ + 2KI = I₂ + 2KNO₃ + 2NO₂ ↑ + 2H₂O), I₂ 遇淀粉显蓝色, A 项错误;对于 B 项,浓盐酸挥发出的 HCl 进入酚酞溶液中,酸不能使酚酞溶液变色, B 项正确;对于 C 项,浓氨水挥发出的 NH₃ 进入 AlCl₃ 溶液中,发生反应生成 Al(OH)₃ 白色沉淀, C 项正确;对于 D 项,饱和氯水挥发出的 Cl₂ 与湿润红纸条上的水反应生成了 HClO, HClO 具有漂白性使红纸条褪色 (Cl₂ + H₂O = HCl + HClO), D 项正确. 故答案为 A.

4. 考查氯水的有关知识

例6 (2014年江苏化学卷)在探究新制饱和

氯水成分的实验中,下列根据实验现象得出的结论不正确的是()。

- A. 氯水的颜色呈浅黄绿色,说明氯水中含有 Cl_2
- B. 向氯水中滴加硝酸酸化的 AgNO_3 溶液,产生白色沉淀,说明氯水中含有 Cl^-
- C. 向氯水中加入 NaHCO_3 粉末,有气泡产生,说明氯水中含有 H^+
- D. 向 FeCl_2 溶液中滴加氯水,溶液颜色变成棕黄色,说明氯水中含有 HClO

解析 氯气是黄绿色气体,氯水的颜色呈浅黄绿色,说明氯水中含有 Cl_2 (氯水的颜色是氯气分子表现出来的),A项正确;向氯水中滴加硝酸酸化的 AgNO_3 溶液,产生白色沉淀,白色沉淀是 AgCl ,说明氯水中含有 Cl^- ,B项正确;向氯水中加入 NaHCO_3 粉末,有气泡产生(产生的气体是 CO_2),说明氯水中含有 H^+ ,C项正确;向 FeCl_2 溶液中滴加氯水,溶液颜色变成棕黄色,说明有氯化铁生成,由于氯气也能把 FeCl_2 氧化成 FeCl_3 ,则不能说明氯水中含有 HClO ,D项错误。故答案为 D。

例7 (2013年广东理综卷,节选)将 Cl_2 通入水中,所得溶液中具有氧化性的含氯粒子是_____。

解析 将 Cl_2 通入水中,部分氯气与水反应生成盐酸和次氯酸($\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$),次氯酸为弱酸部分电离($\text{HClO} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{ClO}^-$),则有氧化性的含氯粒子是 Cl_2 、 HClO 和 ClO^- 。故答案为: Cl_2 、 HClO 和 ClO^- 。

5. 以氯气的氧化性为素材,考查离子方程式正误的判断

例8 (2009年全国理综卷II)含有 $a \text{ mol FeBr}_2$ 的溶液中,通入 $x \text{ mol Cl}_2$ 。下列各项为通 Cl_2 过程中,溶液内发生反应的离子方程式,其中不正确的是()。

- A. $x = 0.4a$ $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$
- B. $x = 0.6a$ $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$
- C. $x = a$,
 $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{Br}^- + 2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^-$
- D. $x = 1.5a$,
 $2\text{Fe}^{2+} + 4\text{Br}^- + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 6\text{Cl}^-$

解析 因 Fe^{2+} 的还原性比 Br^- 强,则 Cl_2 先氧化 Fe^{2+} ,当 Fe^{2+} 全部反应后,再氧化 Br^- : $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$ $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$; 其总反应为 $2\text{FeBr}_2 + 3\text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{FeCl}_3 + 2\text{Br}_2$ 。当 $x/a \leq 0.5$ 时, Cl_2 仅氧化 Fe^{2+} ,A项正确;当 $x/a \geq 1.5$ 时,

Fe^{2+} 和 Br^- 全部被 Cl_2 氧化,D项正确;当 $0.5 < x/a < 1.5$ 时,则要分步书写离子方程式,然后进行叠加得总离子方程式。对于B项,当 $x = 0.5a$ 时, Cl_2 刚好把 Fe^{2+} 全部氧化,而当 $x = 0.6a$ 时,显然 Cl_2 还要氧化 Br^- ,而B项没有表示出 Cl_2 与 Fe^{2+} 的反应,B项不正确。对于C项, $a \text{ mol Fe}^{2+}$ 先被 $0.5a \text{ mol Cl}_2$ 氧化: $2\text{Fe}^{2+} + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Cl}^-$; 剩余 $0.5a \text{ mol Cl}_2$ 再将 Br^- 氧化: $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$; 叠加得总离子方程式为 $2\text{Fe}^{2+} + 2\text{Br}^- + 2\text{Cl}_2 \rightleftharpoons \text{Br}_2 + 2\text{Fe}^{3+} + 4\text{Cl}^-$,C项正确。故答案为 B。

6. 考查有关氯气的实验室制法

例9 (2011年全国理综卷II)请回答下列实验室中制取气体的有关问题。图7是用 KMnO_4 与浓盐酸反应制取适量氯气的简易装置。

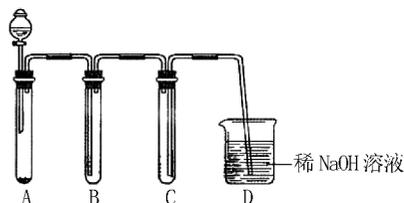


图7

装置B、C、D的作用分别是: B _____; C _____; D _____。

解析 气体制备实验装置一般包括四部分: 气体发生装置、除杂净化装置、收集装置、尾气处理装置。由于题中已知该装置是制取适量氯气的简易装置,则B的作用是用向上排空气法收集氯气,C的作用是起安全瓶的作用,防止D中的液体倒吸进入集气管B中(笔者注:插入C中的两根导管均应刚露出塞子为宜),D的作用是吸收多余的氯气,防止氯气扩散到空气中污染环境。故答案为: 向上排空气法收集氯气; 起安全瓶的作用,防止D中的液体倒吸进入集气管B中; 吸收多余的氯气,防止氯气扩散到空气中污染环境。

例10 (2012年福建理综卷,节选)实验室常用 MnO_2 与浓盐酸反应制备 Cl_2 (反应装置如图8所示)。制备实验开始时,先检查装置气密性,接下来的操作依次是 _____ (填序号)。

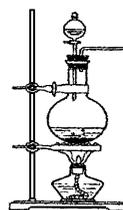


图8

- A. 往烧瓶中加入 MnO_2 粉末
- B. 加热
- C. 往烧瓶中加入浓盐酸

解析 检查装置气密性后,应先加药品后加热,

加药品时应“先固后液”；则接下来的操作依次是往烧瓶中加入 MnO_2 粉末、往烧瓶中加入浓盐酸、加热。故答案为：ACB。

7. 考查有关氯及其化合物的计算

例 11 (2010 年全国理综卷 I) 一定条件下磷与干燥氯气反应,若 0.25 g 磷消耗掉 314 mL 氯气(标准状况),则产物中 PCl_3 与 PCl_5 的物质的量之比接近于()。

- A. 3:1 B. 5:3 C. 2:3 D. 1:2

解析 设产物中 PCl_3 与 PCl_5 的物质的量分别为 $n(PCl_3)$ 和 $n(PCl_5)$ 。

因 $n(P) = 0.25 \text{ g} \div 31 \text{ g/mol} = 0.008 \text{ mol}$,

$n(Cl_2) = 0.314 \text{ L} \div 22.4 \text{ L/mol} = 0.014 \text{ mol}$,

由 P 原子和 Cl 原子的物质的量守恒原则分别得,

$n(PCl_3) + n(PCl_5) = 0.008 \text{ mol}$ ①

$3n(PCl_3) + 5n(PCl_5) = 0.014 \text{ mol} \times 2$ ②

解方程组 ① ② 得: $n(PCl_3) = 0.006 \text{ mol}$,
 $n(PCl_5) = 0.002 \text{ mol}$; 则 $n(PCl_3) : n(PCl_5) = 0.006 \text{ mol} : 0.002 \text{ mol} = 3:1$ 。故答案为 A。

例 12 (2005 年江苏化学卷) 较低温度下,氯气通入石灰乳中可制得漂白粉,该反应为放热反应。某校甲、乙两化学研究性学习小组均用 200 mL 12 mol/L 盐酸与 17.4 g MnO_2 在加热条件下反应制备氯气,并将制备的氯气与过量的石灰乳反应制取漂白粉,用稀 NaOH 溶液吸收残余的氯气。分析实验结果发现:

①甲、乙两组制得的漂白粉中 $Ca(ClO)_2$ 的质量明显小于理论值;

②甲组在较高温度下将氯气与过量的石灰乳反应,所制得的产品中 $Ca(ClO_3)_2$ 的含量较高。

试回答下列问题:

(1) 上述实验中理论上最多可制得 $Ca(ClO)_2$ 多少克?

(2) 实验中所得到的 $Ca(ClO)_2$ 的质量明显小于理论值,试简要分析其可能原因,并写出可能涉及的化学方程式。

解析 (1) MnO_2 与浓盐酸的反应为 $MnO_2 + 4HCl(浓) \xrightarrow{\Delta} MnCl_2 + Cl_2 \uparrow + 2H_2O$; 因 $n(HCl) = 12 \text{ mol/L} \times 0.2 \text{ L} = 2.4 \text{ mol}$, $n(MnO_2) = 17.4 \text{ g} \div 87 \text{ g/mol} = 0.2 \text{ mol}$, $n(HCl) : n(MnO_2) = 2.4 \text{ mol} : 0.2 \text{ mol} = 12:1 > 4:1$, 则 HCl 过量,应根据 MnO_2 的量计算。

设理论上最多可制得 $Ca(ClO)_2$ 的质量为 $m[Ca(ClO)_2]$ 。由反应 $MnO_2 + 4HCl(浓) \xrightarrow{\Delta} MnCl_2$

$+ Cl_2 \uparrow + 2H_2O$ 和 $2Cl_2 + 2Ca(OH)_2 = CaCl_2 + Ca(ClO)_2 + 2H_2O$ 得关系式“ $MnO_2 \sim Cl_2 \sim 1/2Ca(ClO)_2$ ” 则 $1 \text{ mol} : 1/2 \times 143 \text{ g} = 0.2 \text{ mol} : m[Ca(ClO)_2]$, 解得 $m[Ca(ClO)_2] = 14.3 \text{ g}$ 。

(2) ①随着反应进行,温度升高,会产生产物 $Ca(ClO_3)_2$ 。

其化学方程式为 $6Cl_2 + 6Ca(OH)_2 \xrightarrow{\Delta} 5CaCl_2 + Ca(ClO_3)_2 + 6H_2O$ 。

② Cl_2 未与石灰乳完全反应,残余 Cl_2 被 NaOH 溶液吸收。其化学方程式为 $Cl_2 + 2NaOH = NaCl + NaClO + H_2O$ 。

8. 以氯气的制取和回收氯化锰的实验为素材,考查实验方案的评价

例 13 (2014 年江苏化学卷) 图 9 装置应用于实验室制氯气并回收氯化锰的实验,能达到实验目的的是()。

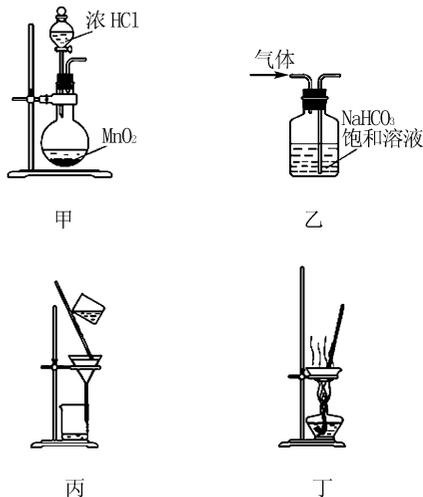


图 9

- A. 用装置甲制取氯气
- B. 用装置乙除去氯气中的少量氯化氢
- C. 用装置丙分离二氧化锰和氯化锰溶液
- D. 用装置丁蒸干氯化锰溶液制 $MnCl_2 \cdot 4H_2O$

解析 用浓盐酸与 MnO_2 反应制氯气需要加热,装置甲没有酒精灯,A 项错误;除去氯气中的少量氯化氢应用饱和 NaCl 溶液作吸收剂,且气体通过洗气瓶时应“长进短出”,B 项错误;二氧化锰不溶于水,氯化锰溶于水,可用过滤的方法分离,C 项正确;在加热氯化锰溶液的过程中氯化锰会发生水解,最终得不到 $MnCl_2 \cdot 4H_2O$,D 项错误。故答案为 C。

(收稿日期:2015-02-27)