

浅析 H₂O₂ 及相关试题

四川省阆中市老观中学校 637415 陈力

过氧化氢的水溶液俗称双氧水,呈弱酸性(H₂O₂ ⇌ H⁺ + HO₂⁻),纯的过氧化氢是一种淡蓝色的粘稠液体(ρ = 1.465 g/mL)。H₂O₂能以任意比与 H₂O 混合,由于分子间存在氢键,故有较高熔点(272K)和沸点(423K)。

H₂O₂ 中氧元素的化合价为 -1 价,因而其既有氧化性又有还原性,且以氧化性为主。如 SO₂ + H₂O₂ = H₂SO₄, 2Fe²⁺ + H₂O₂ + 2H⁺ = 2Fe³⁺ + 2H₂O, 作为氧化剂,还原产物为 H₂O,不会引入新的杂质。在反应 2MnO₄⁻ + 5H₂O₂ + 6H⁺ = 2Mn²⁺ + 5O₂ ↑ + 8H₂O 中作还原剂,其氧化产物为 O₂。

H₂O₂ 不稳定极易分解, 2H₂O₂ $\xrightarrow{\text{MnO}_2}$ 2H₂O + O₂, 当溶液中存在微量杂质或重金属离子如 Fe²⁺、Mn²⁺、Cu²⁺、Cr³⁺ 等离子时能加速分解,因而双氧水应保存在棕色瓶中,置于阴凉处。实验室常用此法制氧气。

在有关 H₂O₂ 试题中,主要考查其酸性、稳定性及氧化还原反应,同时以 H₂O₂ 为媒介,从不同角度考查相关元素化合物知识,考查学生的知识迁移能力和思维能力。现归纳如下:

一、从实验设计的角度考查

例 1 将 H₂O₂ 溶液滴入含有酚酞的 NaOH 溶液中,红色消失。甲同学认为这是由于 H₂O₂ 是二元弱酸,消耗了 OH⁻,使红色褪去。乙同学认为 H₂O₂ 具有强氧化性,将酚酞氧化,红色消失。试设计一个实验论证哪位同学的解释正确?

解析 本题考查了 H₂O₂ 的酸性和氧化性(漂白性),如果由于 H₂O₂ 电离的 H⁺ 中和了 NaOH 溶液中的 OH⁻ 而使溶液褪色,则加入 NaOH 溶液应恢复原来的颜色。所以向红色消失后的溶液中滴加 NaOH 溶液,若红色再现,则为 H₂O₂ 酸性所致,甲同学的见解正确,若不再为红色,则酚酞被 H₂O₂ 氧化,乙的见解正确。

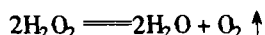
二、从氧化还原反应的角度考查

例 2 (1) 久置的油画,白色部分 PbSO₄ 常会变黑 PbS,用双氧水擦洗后又恢复原貌,有关反应方程式为:_____。

(2) 实验表明,若向 Na₂O₂ 中通入干燥的 CO₂ 气体,Na₂O₂ 与 CO₂ 并不反应,用化学方程式表示 Na₂O₂ 和潮湿的 CO₂ 气体反应的过程。

解析 (1) PbS + 4H₂O₂ = PbSO₄ + 4H₂O

(2) 已知强酸可制得弱酸,潮湿的 CO₂ 气体中有 H₂O,所以反应过程为:



由此说明 Na₂O₂ 与 CO₂、H₂O 反应的实质,在反应中,还原产物均为 H₂O。

三、从物质制备的角度考查

例 3 工业上常用“醇析法”将 H₂O₂ 转化成固态的过碳酸钠晶体(其化学式为 2Na₂CO₃ · 3H₂O₂),该晶体具有 Na₂CO₃ 和 H₂O₂ 的双重性质。“醇析法”的生产工艺过程如下:在 0℃ ~ 5℃ 下,于饱和的 Na₂CO₃ 溶液中先后加入 H₂O₂、稳定剂(MgCl₂ 和 Na₂SiO₃)和异丙醇,经充分反应,过滤、分离即得过碳酸钠晶体。

(1) 固体 H₂O₂ 采用 Na₂CO₃ 作载体的理由由是:_____。

(2) 反应控制在 0℃ ~ 5℃ 下进行的原因是:_____。

(3) 稳定剂能反应生成不溶物,将过碳酸钠粒子包裹住,该反应的化学方程式为_____。

(4) 下列物质不会使过碳酸钠失效的是:_____。

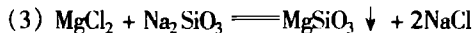
A. MnO₂ B. H₂S

C. CH₃COOH D. NaHCO₃

(5) 加入异丙醇的作用是_____。

解析 (1) 碳酸钠易结合 H_2O_2 形成晶体, 其晶体又易释放出 H_2O_2 。

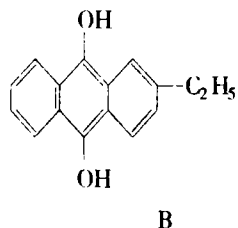
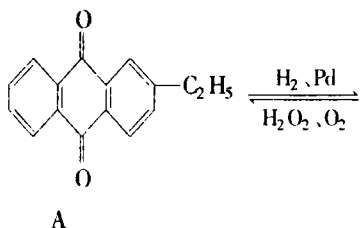
(2) H_2O_2 和 $2NaCO_3 \cdot 3H_2O_2$ 在低温下不易分解。



(4) D

(5) 降低过碳酸钠的溶解度, 有利于晶体析出。

例 4 工业上可用乙基蒽醌酯 A 制备 H_2O_2 , 其工艺流程可简单表示如下:



(1) A 的分子式为 _____, B 的分子式为 _____。

(2) 涉及氧化反应的反应式可写成: _____。

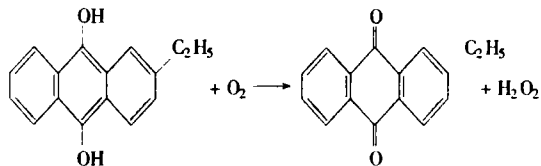
涉及还原反应的反应式可写成: _____。

(3) “绿色化学”是当今社会人们提出的一个新概念, 在绿色化学中, 一个重要的衡量指标是原子的利用率, 其计算公式为: 原子利用率 = 期望产品的摩尔质量 / 化学方程式计算所得产物的摩尔质量, 如: $CH_2 = CH_2 + Cl_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow$
 $\begin{matrix} O \\ / \quad \backslash \\ CH_2-CH_2 \end{matrix} + CaCl_2 + H_2O$, 制备 $\begin{matrix} O \\ / \quad \backslash \\ CH_2-CH_2 \end{matrix}$ 的原子利用率为 $44 \div (44 + 111 + 18) \times 100\%$, 在“绿色化学工艺”中, 理想状态原子利用率为 100%, 试问该法生产 H_2O_2 可否称为理想状态的“绿色工艺”, 简述理由。

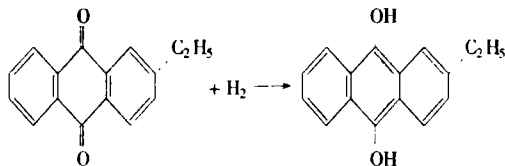
解析 本试题涉及有机氧化还原反应, 要注意分析题给信息, 找出有机物结构与性质的内在联系。

(1) 分子式 A: $C_{16}H_{12}O_2$ B: $C_{16}H_{14}O_2$

(2) 氧化反应:



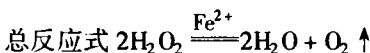
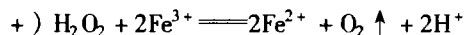
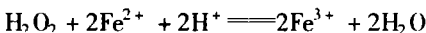
还原反应:



(3) 因为该法反应为 $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O_2$, 原子利用率 = $34 \div 34 \times 100\%$, 故可称为理想状态。

四、从创新思维角度考查

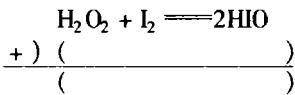
例 5 (1) 已知下列反应在一定条件下发生:



以上反应中 Fe^{2+} 实际上起着 _____ 作用。

发生这类反应的条件是在一定条件下, 氧化性的强弱顺序为: $Fe^{3+} > H_2O_2 > Fe^{2+}$

(2) 若 H_2O_2 与 I_2 也可发生类似反应, 在下面括号内填入配平的适合的化学方程式为

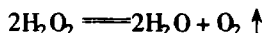
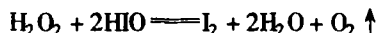


(3) 在 KI 和 H_2SO_4 的混合液中加入足量的 H_2O_2 , 放出无色气体, 溶液呈棕色, 并可以使淀粉变蓝, 有同学认为该反应的离子方程式是 $H_2O_2 + 2I^- = I_2 + O_2 \uparrow + 2H^+$, 这个方程式正确吗? 请回答, 若正确请说明理由, 若不正确指出原因, 并写出正确的化学方程式。

解析 此题形式新颖, 较好地考查学生知识迁移能力和思维能力。

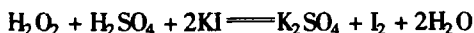
(1) 由总反应 $2H_2O_2 \xrightarrow{Fe^{2+}} 2H_2O + O_2 \uparrow$ 知 Fe^{2+} 只参与了中间反应过程, 反应前后质量和化学性质未变可知, 起催化剂作用。

(2) 由(1)的反应条件及反应形式类推, 并结合 I^- 的性质, 可知两个反应为:



(3) 分析化合价的变化: I 元素和 O 元素的化合价都升高, 没有降低的元素, 所以不正确。

正确的方程式为:



五、从理化综合角度考查

例 6 将 Cl_2 用导管通入较浓的 NaOH 和 H_2O_2 的混合液中, 在导管口与混合液的接触处有闪烁的红光出现, 这是因为通气后混合液中产生的 ClO^- 被 H_2O_2 还原, 发生剧烈的反应产生能量较高的氧分子, 它立即转变为普通氧分子, 将其多余的能量以红光放出, 收集生成的红光, 测得其波长为 $0.60000\mu\text{m}$ 。用此红光做光电效应的实验, 已知光电效应实验中, 阴极板用极限频率为 $\nu_0 = 6.000 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 的钠制成。

(1) 在导管口与混合液的接触处除观察到红光外还有_____现象。

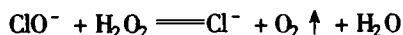
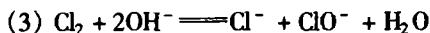
(2) 题中需要 10% H_2O_2 溶液 100 mL, 现用市售 30% (密度近似为 10 g/cm^3) H_2O_2 来配制, 写出具体配制方法。

(3) 写出题中发生反应的离子方程式。

(4) 能否产生光电效应, 计算回答。

解析 本题是理化知识运用于实验的综合题, 考查了 H_2O_2 和 Cl_2 的化学性质, 一定质量分数的溶液配制和光电效应等基础知识。

(1) Cl_2 通入 NaOH 溶液生成 NaCl 和 NaClO , ClO^- 与 H_2O_2 反应生成 Cl^- 、 H_2O 、 O_2 。除了显红光外, 还有冒气泡现象。(2) 用量筒量取 33(或 34)mL 30% 的 H_2O_2 溶液加入烧杯中, 再加入 67(或 66)mL 水(或加水稀释到 100 mL), 搅拌均匀。



(4) 如果产生光电效应, 入射光频率必大于极限频率, 此题中可用 $\nu = \frac{c}{\lambda}$, 求出入射光频率与极限频率相比即得, $\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3.00 \times 10^8}{(0.600 \times 10^{-6})} = 5.00 \times 10^{14} \text{ Hz}$, 小于极限频率 ν_0 , 所以不能产生光电效应。

六、从化生综合角度考查

例 7 过氧化氢(H_2O_2)是反应活性很高的化学物质, 常用于漂白, 也用于清洗小的伤口。细胞在代谢过程中会产生 H_2O_2 , 它对细胞有毒害作用, 但体内有酶的存在, 可以使其分解为无毒物质, 请分析图 1, 并回答有关问题。

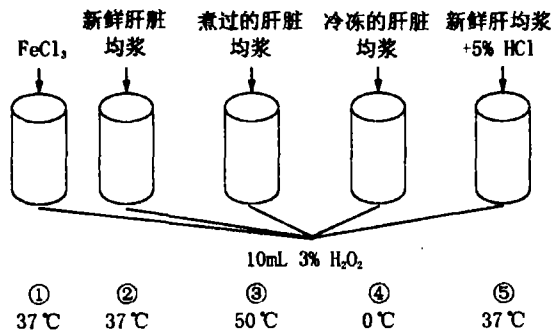


图 1

(1) 在①~⑤试管中, 最先产生气泡的是_____, 产生气泡最多的是_____, 试管中发生反应的反应方程式是_____。

(2) 用点燃但无火焰的卫生香放在①~⑤号试管管口, 观察到的现象分别是:

①_____, ②_____, ③_____, ④_____, ⑤_____。

(3) 比较①和②试管以及②与③④⑤号试管所看到的不同现象说明了_____。

(4) 若在 2 号试管收集到气体 500 mL(标准状况)则需多少克 3% H_2O_2 溶液。

解析 本试题考查了 H_2O_2 的分解和过氧化氢酶的催化效率受外界因素的影响等知识。①号试管中 FeCl_3 是无机催化剂, 催化效率低, H_2O_2 分解慢, 产生气泡较少, ③号试管煮过的肝脏, 高温使酶结构破坏而失去活性, ④号试管冷冻肝脏因低温降低了酶的活性, ⑤号试管中的酸性环境使酶失去活性, 只有②号试管酶的反应条件适宜, 催化效率高, 产生气泡多。

答案: (1) ②, ②, $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 \uparrow$

(2) 可复燃, 可复燃且猛烈燃烧, 无变化, 无变化, 无变化。

(3) 酶具有高活性, 且酶的催化作用需适宜的酸碱性和温度。(4) 50.6 g。

(收稿日期: 2003-07-21)