

第二章 水和氢

水的物理性质

特征	纯净水无色、无味透明
压强	压强 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$
熔点、沸点	熔点为 0°C , 沸点为 100°C
比热	$4.1868 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (比热大：难热难冷) 沿海地区形成海风陆风
密度	在 4°C 最大, 密度比水小, 冰能浮在水面上
溶解度	是良好的溶剂, 能溶解很多物质, 是生物体内新陈代谢的最优良介质
催化功能	是个催化剂, 使反应迅速进行

水的化学性质

- 由氢元素和氧元素组成
- 稳定性佳, 但也能表现出化学反应

与金属反应	钾 K 钠 Na 钙 Ca 镁 Mg 铝 Al 锌 Zn 铁 Fe 锡 Sn 铅 Pb 铜 Cu 汞 Hg 银 Ag 铂 Pt 金 Au	与冷水起反应 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2$	
与非金属反应	I..高温水蒸气能与不活泼非金属起反应 $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$ 水蒸气通过炽热的碳, 形成水煤气 ($\text{CO} + \text{H}_2$)		
	II.能与活泼非金属单质反应生成酸 $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{HF} + \text{O}_2$ (氢氟酸)		

	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HClO}$ (盐酸) (次氯酸)	
与氧化物反应	碱性氧化物	与水反应生成碱 $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH}$ 不能与水直接起反应的包括： 氧化铜 (II) 、氧化铁 (III) 等
	酸性氧化物 (也称酸酐 acid anhydride)	与水反应生成酸 $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$ $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 特殊情况： 二氧化氮和水反应生成硝酸和亚硝酸 $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{NO}_2$ 不能与水直接起反应的包括： 二氧化硅
与金属碳化物反 应	碳化钙 (电石) 反应生成氢氧化物和碳氢化合物 $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$ (碳化钙) (乙炔)	
与盐反应	生成结晶水(water of crystallization)的晶体 $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 无水硫酸铜 (II) 五水合硫酸铜 (II) $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 碳酸钠 十水和碳酸钠 $\text{ZnSO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 硫酸锌 七水合硫酸锌 产生水解反应(hydrolysis), 可逆反应如氯化铝晶体在水中水解 $\text{AlCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{HCl}$	

氢气

- 纯净的氢气在空气中燃烧，能发出淡蓝色的火焰
- 在烧杯壁上有液珠的生成，使无水硫酸铜 (II) 变蓝色

- 证明：水是由氢元素和氧元素组成，合成水
- 是太阳发生核聚变(nuclear fission)的主要原料，存有大量的能量
- 主要以化合态形式存在，如水是氢化合物

氢的制造

用锌、铁等活泼金属和盐酸、稀硫酸反应得氢气	钾 K 钠 Na 钙 Ca 镁 Mg 能与盐酸或稀硫酸反应生成氢气 铝 Al (排在氢前面的金属能与盐酸或稀硫酸反应生成氢气，后面则不能) 锌 Zn $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ 铁 Fe $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2$ 锡 Sn 铅 Pb (氢) H 铜 Cu 汞 Hg 银 Ag 铂 Pt 金 Au
可以与浓的强碱反应得氢气	$Zn + 2NaOH \rightarrow Na_2ZnO_2 + H_2$ 锌酸钠 $2Al + 2NaOH + 2H_2O \rightarrow 2NaAlO_2 + 3H_2$ 偏铝酸钠
金属与水蒸气反应	$2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$ $3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2$
水煤气	<p>将水蒸气通过炽热 (1000°C) 的焦炭 (coke) 制得水煤气，一氧化碳和氢混合为水煤气</p> $C + H_2O \xrightarrow{1000^{\circ}C} CO + H_2$ <p>在 500°C 左右，以氧化铁 (III) 为催化剂，使水煤气继续与水蒸气作用，生成二氧化碳和氢</p> $CO + H_2O \xrightarrow[催化剂]{500^{\circ}C} CO_2 + H_2$ <p>二氧化碳和氢溶解度不同，可以容易去除二氧化碳，得氢气</p>
甲烷反应	<p>天然气主要成分，在 800-900°C 以镍为催化条件，可反应生成氢气和一氧化碳的混合气体</p> $C_4H_4 + H_2O \xrightarrow[催化剂]{800-900^{\circ}C} CO + 3H_2$

	以水煤气制取氢气的方法，将一氧化碳转化为二氧化碳，再加压使得二氧化碳溶于水，得氢气
电解	可得纯度高达 99.5-99.8%，减少杂质如一氧化碳、二氧化碳、氧气和氮气等
石油热裂过程	取得氢气

氢的性质

特征	无色、无味、无臭、无毒		
密度	最轻		
溶解度	难溶于水（可用排水集气法收集）		
状态	压强 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$, 温度 -252.7°C 时, 可变成无色的液体, 温度 -259°C 时, 可变成白色固体		
化学反应	<p>常温下不活泼, 需加热、光照、催化作用下发生化学反应</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">与非金属的反应</td> <td> I. 与氧气生成水 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 氢气的纯度: 聆听爆鸣声 (尖锐表示氢气不纯, 响声很小表示纯净) 不纯意思是混有空气或氧气, 点然后容易导致爆炸 II. 与氯生成氯化氢 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ III. 与硫的蒸汽, 生成硫化氢 $\text{S} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ IV. 与氮生成氨气 高温、高压 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{}$ 2NH_3 </td> </tr> </table> <p>与金属反应</p> <p>在高温下与活泼金属化合, 成白色固体, 沸点、熔点高, 在熔融状态能到点, 与水作用能释放氢气</p> $2\text{Li} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{LiH}$ $2\text{Na} + \text{H}_2 \rightarrow 2\text{NaH}$ $\text{Ca} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CaH}_2$ <p>与金属氧化物反应</p> <p>在高温下, 能与某些金属氧化物的氧气反应, 夺取氧, 还原金属</p> $\text{CuO} + \text{H}_2 \rightarrow \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ <p>(黑色) (红褐色)</p> $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{H}_2 \rightarrow 4\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O}$	与非金属的反应	I. 与氧气生成水 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 氢气的纯度: 聆听爆鸣声 (尖锐表示氢气不纯, 响声很小表示纯净) 不纯意思是混有空气或氧气, 点然后容易导致爆炸 II. 与氯生成氯化氢 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ III. 与硫的蒸汽, 生成硫化氢 $\text{S} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ IV. 与氮生成氨气 高温、高压 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{}$ 2NH_3
与非金属的反应	I. 与氧气生成水 $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ 氢气的纯度: 聆听爆鸣声 (尖锐表示氢气不纯, 响声很小表示纯净) 不纯意思是混有空气或氧气, 点然后容易导致爆炸 II. 与氯生成氯化氢 $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$ III. 与硫的蒸汽, 生成硫化氢 $\text{S} + \text{H}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ IV. 与氮生成氨气 高温、高压 $3\text{H}_2 + \text{N}_2 \xrightleftharpoons[\text{催化剂}]{}$ 2NH_3		

氢的用途

- 制造氨气，形成硫酸铵、尿素、硝酸铵等化肥和硝酸
- 与氯气燃烧合成盐酸
- 氢气与氧气混合燃烧产生的高温氢氧焰(oxyhydrogen flame)可切割和焊接金属
- 还原金属
- 做火箭高能燃料
- 氢气可使液态油变成固态油，制成人造奶油
- 在温度、压强和催化剂作用下，与一氧化碳反应成有机化合物如甲醇(methanol)，有机化工原料

