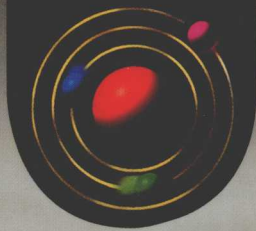


元素丛书



氢 惰性气体元素

HYDROGEN
AND THE NOBLE GASES

H

山东教育出版社

元素丛书

Elements

氢 惰性气体元素

HYDROGEN AND THE NOBLE GASES

出版发行：山东教育出版社

（济南市纬一路321号）

网 址：<http://www.sjs.com.cn>

印 刷：利丰雅高印刷（深圳）有限公司

作 者：（英）布莱恩·奈普

翻 译：王玲玲 元英丽

责任编辑：赵猛 刘辉

版 次：2006年5月第1版第1次印刷

规 格：16开本

印 张：3.5印张

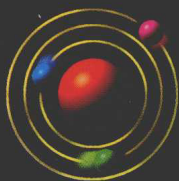
字 数：60千字

书 号：ISBN 7-5328-4938-4

定 价：18.00元/册

（如印装质量有问题，请与印刷单位联系）

元素丛书



氢 惰性气体元素

HYDROGEN
AND THE NOBLE GASES

H



He Ne Ar Kr Xe Rn

山东教育出版社

阅读指南

你手中的这本书是为帮助你学习与化学元素有关的知识而精心编写的。它将系统而全面地向你介绍每一种化学元素的基本性质。翻开书中任何一页，除了有对科技知识深入浅出的讲解以外，还有大量科技术语的定义及其解释，无论你已经掌握了多少化学知识，这本书都可以使你受益匪浅！在每一本书的最后，有详细注解的元素周期表，有出现在这套丛书中的全部科技术语一览表，还有一个专门栏目告诉你如何用化学方程式表达化学反应，另外还有一个栏目帮你提炼有关氢元素和惰性气体元素的最精华的知识，可谓精彩不断！

元素知识是整个化学科学的基础，大家一起来分享学习化学的快乐吧！

正文对基础知识和概念进行系统的、深入浅出的讲解

科技术语

结合实例，对正文中的有关内容进行更加深入的阐述

用化学符号书写化学方程式，以球-棍模型示意化学反应（参见本书第48页）

借助精心选择、注解清晰的图表，对知识进行更加直观、生动的讲解

多识一点：对相对深奥的知识和概念进行通俗易懂的解释

封面图：用排水法收集氢气。

扉页图：氖放电时呈橙红色，因此常用于霓虹灯中。

图书在版编目 (CIP) 数据

氢 惰性气体元素 / (英) 布莱恩·奈普著; 王玲玲, 元英丽译. — 济南: 山东教育出版社, 2005

(元素丛书)

ISBN 7-5328-4938-4

I. 氢... II. ①布... ②王... ③元...

III. ①氢-基本知识 ②零族元素-基本知识 IV. 0613

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第046982号

Copyright © Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 and 2002

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form of by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without prior permission of the Publisher.

Suggested cataloguing location

Knapp, Brian

Hydrogen and the noble gases

ISBN 1 869860 79 9

— Elements series

540

Chinese edition published by Shandong Education Press. Copyright©1996 and 2002 by Atlantic Europe Publishing Company Limited.

Chinese edition is authorized for sale and distribution in China exclusively.

本书依据英国 Atlantic Europe Publishing Company Limited 1996 和 2002 年国际版权 (C) 翻译。

Atlantic Europe Publishing Company Limited 拥有版权。未经许可, 不得以任何形式, 包括以电子的或机械的方式进行照片复制或录音, 或是将信息存贮在任何检索系统上来翻印书中的任何内容。

中文版由 Atlantic Europe Publishing Company Limited 授权山东教育出版社出版。

该版本的中文版只在中国境内销售。

山东省版权局著作合同登记号:

图字: 15-2004-068

目 录

走进氢和惰性气体元素的世界	4
星体中的氢	6
氢键	8
水中的氢	10
氢气的实验室制备	12
氢气的工业制备	14
合成氨	16
酸	18
酸度的定量测试——pH	20
盐酸	22
硫酸	24
硝酸	26
碳酸	28
有机酸	30
碱	32
酸与碱的反应	34
酸与金属的反应	36
惰性气体元素	38
氦、氖	40
氩、氪、氙、氡	42
长话短说——氢、惰性气体元素	44
元素周期表	46
理解化学方程式	48
科技术语表	50

走进氢和惰性气体元素的世界

也许你对“元素”这个词并不陌生，但是你知道元素到底是什么吗？简单地说，元素是指含有相同核电荷数的一类原子，是组成物质的基本成分。连绵的山脉、翻腾的云海、变幻的星云，就连你我也都是由各种各样的元素组成的。天然存在的元素只有92种，而正是这92种元素构成了宇宙万物。本书所要展现给大家的是其中的氢元素和惰性气体元素。

氢

氢（元素符号为H），源于希腊文，原意是“水的生成者”。氢是宇宙中含量最丰富的元素，占整个宇宙中原子总数的90%。氢是组成各种星体、寒冷的“真空”以及人类所赖以生存的地球的重要元素。氢随处可见，绝大多数化合物中都含有氢，可以说，氢是宇宙中最为普遍的元素。

在所有元素中，氢的组成是最简单的。氢的原子核中仅含有一个质子，核外只有一个电子，因此氢原子的体积非常小。但正是这种简单的结构却赋予了氢元素神圣的使命：氢是最原始的元素，其他所有元素都是由氢元素进化而来的。

尽管氢无处不在，但在地球上却很少以气体的形式存在，这是因为氢分子（由两个氢原子结合形成，化学式为 H_2 ）非常轻，很容易从地球的大气层中逸出。地球上仅存的游离态氢气深埋在地下，是有机物质腐烂分解的产物，石油和天然气也是在这一过程中形成的。

氢气是一种易燃易爆的气体，但工业上每年都要消耗大量的氢气。其中大约有一半用于合成氨（一种氢和氮的化合物，是制造化肥的基本原料）。大约有三分之一用于冶炼金属。氢气的另一个重要用途是制备一种叫做甲醇的液体，甲醇是制造人造纤维的原料。

惰性气体元素

氦（元素符号为He）是另一种结构简单的元素，原子核内只有两个质子。在整个宇宙中，氦的含量列第二位，然而人类知道它的时间却并不很长。氦是唯一一种先发现于太空中，然后又在地球上被发现的元素。19世纪下半叶，科学家们发现，从其他星体发射出来的光里有一种他们从未见过的神秘元素，这就是后来被称为“氦”的元素。

氦气和氢气一样，都比空气轻。氦气是一种无色、无臭的惰性气体，很少发生化学反应，也不能燃烧。由于氦的惰性，在地球上的化合物中很难发现它的踪影，因此长期未被发现。但是氦气不像氢气那样易燃易爆，使用起来非常安全，因此，填充气球用的一般都是氦气，而不是氢气。

氦气是惰性气体家族中的一员，所有惰性气体的物理性质和化学性质都非常相似。其他的惰性气体元素还包括氖、氩、氪、氙、氡，它们大约占空气总体积的1%。惰性气体元素的原子中的电子不多也不少，使原子处于非常稳定的状态，不需要向其他元素的原子“释放”或“夺取”电子（即不与其他元素发生化学反应）。因此，惰性气体元素的化学性质非常稳定，这也是为什么把它们叫做“惰性气体”的原因。

► 太阳释放出的巨大热量是由氢的燃烧产生的。

星体中的氢

太阳主要是由氢元素构成的，正是氢的燃烧才使得太阳“光芒万丈”，其他星体所发出的光也是由氢燃烧产生的。

太阳内部存在巨大的压力，能将氢原子聚合为氦，并释放出巨大的能量，这个过程叫做核聚变。

所以说，氢是太阳的燃料。

核聚变是宇宙中最剧烈的变化，人类已经利用这种反应制造出了热核炸弹（即氢弹）。

太阳主要是以辐射的形式给地球带来光与热，这些辐射线包括可见光（也就是我们通常所说的“阳光”）、紫外线、红外线以及其他波长的射线。正是得益于太阳中的核聚变反应，地球上的生命才能够生生不息。

核聚变

核反应分为核裂变反应和核聚变反应两种。核裂变是指一些重原子核在一定的条件下发生链式裂变反应，而核聚变是通过强力将两个原子结合成一个质量较大的原子。与核裂变一样，核聚变发生时，也会释放出大量的能量。

尽管是宇宙中最普遍的一种特征反应，核聚变已经被证实为最难人工实现的反应过程之一。核聚变之所以难以发生，是因为它需要极高的温度和压强。在有些星体上，这两个条件是天然存在的，而地球却不具备这样的条件，因此，要想在地球上进行核聚变反应，绝非易事。

没有辐射性污染的核反应

核聚变不会产生任何辐射性的污染，它不是像核裂变那样的链式反应，所以不可能失控爆炸。因此，核聚变能源既安全又洁净，是一种理想能源。

解决人类能源危机的一个重要出路就是开发和利用核能。因此，很多国家都非常重视核聚变技术的研发，希望从核聚变能源的发展过程中受益。

永不枯竭的能源

迄今为止,达到工业应用规模的核能只有核裂变能,而核聚变(也叫“热核反应”)技术仍处于研究阶段。氢的同位素氘是主要的核聚变材料,在自然界中以重水的形式存在于海水中。全世界海水中所含的氘通过核聚变释放的能量可供人类享用亿万年。

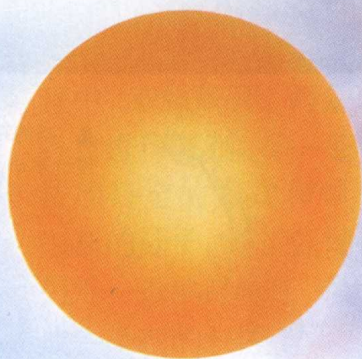
但主要问题是,尽管热核反应堆无需占用太多的空间,但是所需的高温目前却难以实现。科学家们正在努力研究这个问题,估计在本世纪中叶才能够找到解决办法。

燃料: 燃料主要包括煤、原油和天然气(因为它们都是通过地质过程形成的,故称化石燃料)。燃料产品包括甲烷、丙烷和汽油等,航天器用的燃料是液态氢和液态氧。

聚变: 两个或多个原子结合在一起形成一个更重的原子的过程。

辐射: 物质通过发射能量波或粒子与外界发生能量交换的过程。辐射是发生在空间中的一种能量传输与转换,不需要其他介质(与传导、对流相比较)。

热核反应: 由于核聚变引发的原子内部的反应,以高度集中的形式释放出巨大的能量。



星体的毁灭

任何一个星体的内部温度都非常高(约1千万摄氏度),密度也非常大(30 g/cm^3 ,是地表岩石密度的十倍),足以使核聚变反应得以发生。

星体中心的核是由氦元素(由氢生成)组成的,外面是氢氦壳层,由氢向氦的转化就是发生在这里。星体的最外层几乎全部由氢元素组成。氢就像是一种不停地燃烧着的燃料,当它们被耗尽时(全部转化为氦),星体的生命也就走到了尽头。

多识一点…

在星体内部,每四个氢原子可转化为一个氦原子。在这个过程中,大约有三分之一的质量转化为能量。

著名的爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ (E 代表能量, m 代表质量, c 代表光速)表示当质量有损失时,损失的质量会转化为能量。按照这一方程可计算出,星体内部发生的核聚变反应释放出来的能量,是氢在纯氧中燃烧这种普通化学反应所释放能量的6 000万倍。太阳每秒钟可将6亿吨氢转化成4亿吨氦,所以产生的能量是非常巨大的。“燃烧”的太阳以各种辐射线的形式向外释放能量,其中就包括可见光。

氢键

很多化合物中都含有氢。微小的氢原子可以和氮原子、氧原子、氟原子等以特殊的方式结合在一起，它们之间形成的化学键也叫氢键。

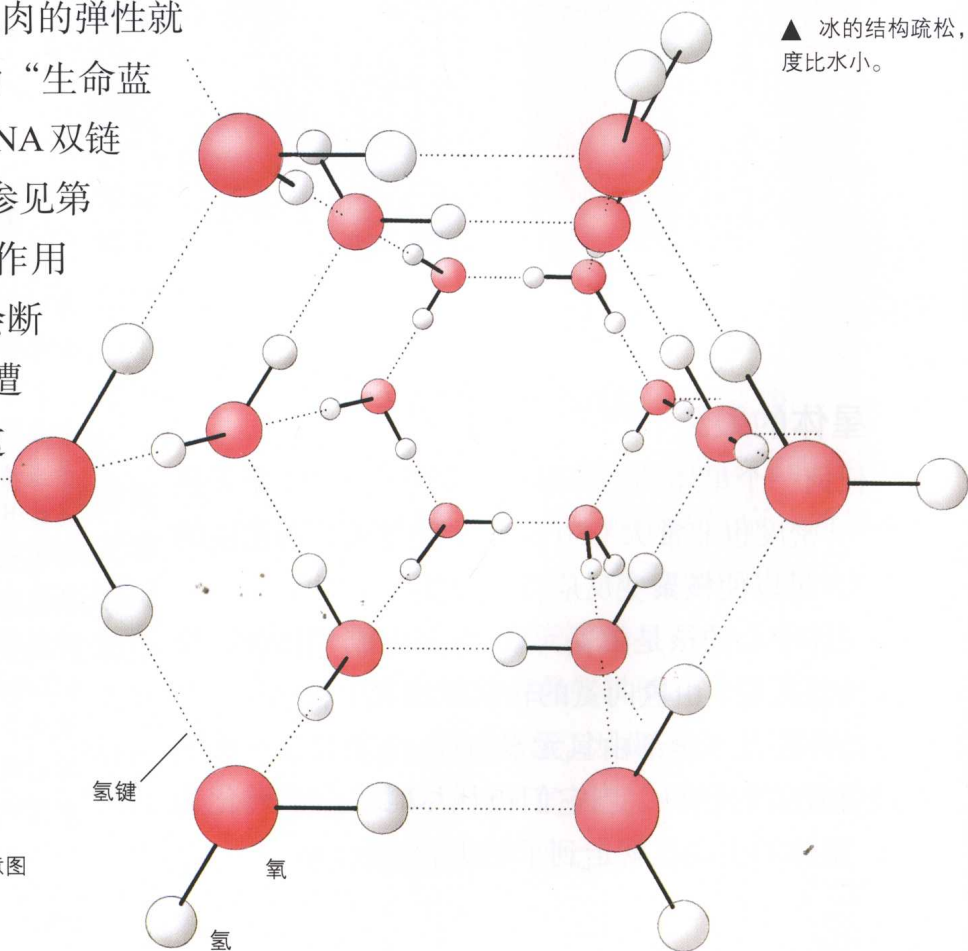
氢键的存在使得水分子可以互相联结在一起，形成冰。在冰里，水分子通过氢键互相连接，形成疏松的晶体结构。这种结构中有许多空隙，就像蜂巢一样。

水结冰后形成的结构非常坚固，仅几厘米厚的冰就能承受一个成人的重量。构成植物体的纤维素中，由于含有多个羟基，因而分子间也具有强烈的氢键作用，从而使纤维素获得一定的硬度。

人体内也有氢键，肌肉的弹性就来自这些氢键。在被称为“生命蓝图”的DNA分子中，将DNA双链连接在一起的也是氢键(参见第9页)。在某些理化因素作用下，DNA分子间的氢键会断裂，使DNA的双螺旋结构遭到破坏，变成两个单链。这些DNA单链可以进行复制，然后与对应的单链再次结合到一起，形成新的DNA双链结构。



▲ 冰的结构疏松，密度比水小。



► 冰的空间结构示意图

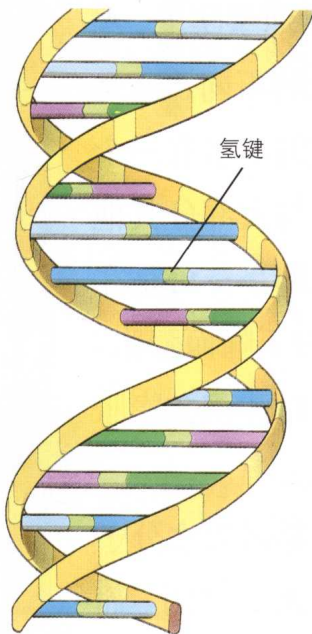
氢键和遗传密码

科学研究表明，生命遗传信息的载体是脱氧核糖核酸（DNA）和核糖核酸（RNA）。这两种物质携带着生命的遗传密码，一代又一代地传递着。

每一个DNA分子是由许多小片断或单元连接而成的两条相互缠绕的长链，叫做双螺旋结构。

双螺旋结构中的两条单链彼此联结得很紧密，然而在进行复制的过程中却很容易分开。之所以如此，就是因为这两条链是通过氢键相互联结在一起的，氢键的作用力相对较弱，“解链”就比较容易。

DNA分子在复制的过程中，双链解开，两条单链各自进行复制。每一条单链按照特定的方式和顺序吸引新的分子，通过氢键再与另外一条单链相连，最终形成一个新的双链。



▲ DNA分子的双螺旋结构

化学键：由于两个或两个以上原子之间的电子转移或共享，而在相邻原子间产生的强烈的相互作用。化学键有多种类型，其中有的比较强（如共价键），而有的则比较弱（如氢键）。化学键形成的原因是通过化学键联结的分子比没有发生联结的原子要稳定。例如，氢分子（ H_2 ）比单个的氢原子稳定。

氢键：一种较弱的分子间作用力（吸引力）。

多识一点…

氢键往往是由于氢原子被像氧原子这样的其他原子吸引而产生的。氧原子将氢原子中的电子“拉”向自己，使得氢原子上远离氧原子的那端带上微量的正电荷。这样，氢原子又可以吸引其他带负电荷的分子。

与将原子结合成分子的其他化学键相比，氢键要弱得多。它既不如盐中的键（离子键）强，也不如金属铁或硅石之类的物质中的键强，但上述各种强键的存在却使物质缺乏弹性，不易分解或重新塑形，而含有氢键的物质却可能做到这一点。

因为水分子相对来说比较简单，所以理应以气体形式存在（因为分子越复杂，分子与分子间的相互吸引作用就越强，越不易形成气体）。但是由于水分子间氢键的存在，使水在常温下呈液态。



◀ 蜘蛛网也是通过氢键连接起来的。蜘蛛丝由蛋白质构成，蛋白质通过氢键联结在一起，因此蜘蛛丝富有弹性，而且强度很高，可以与相同粗细的钢丝媲美。

水中的氢

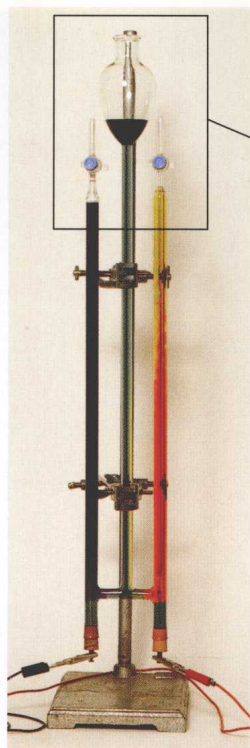
水是地球上最常见的化合物，地球表面约有三分之二以上的面积是被水覆盖着的。人体中水的含量也非常高，约占体重的三分之二。

尽管我们天天和水打交道，非常熟悉水的一些性质，认为这些性质非常普通。然而事实上，水的性质和其他很多化合物都有很大的不同，这是由于水分子间强烈的相互作用造成的。水有一个非常特殊的性质：在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，水与大部分其他物质一样，随着温度的降低，体积缩小；可是在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下，水的体积反而随着温度的下降而膨胀。水是唯一一种在由液态转变成固态时体积会膨胀的物质。

所有这些不同寻常的性质，都是因为水分子是通过氢键结合在一起的（参见第 8、9 页），而不是普通的分子间作用力。

在水中，原子之间的结合要比分子之间的结合强得多，所以需要较大的能量才能使氢原子和氧原子相互分离。例如，加热只能改变水的物理状态，使固态的冰转变为液态的水，然后进一步变成气态的水蒸气，而只有借助电能才可以使水分子内的键断裂。

利用电能将水分解的过程叫做电解。本页和下页所示的装置就是用来电解水并分别收集氢气和氧气的，这种装置叫做霍夫曼水电解器。

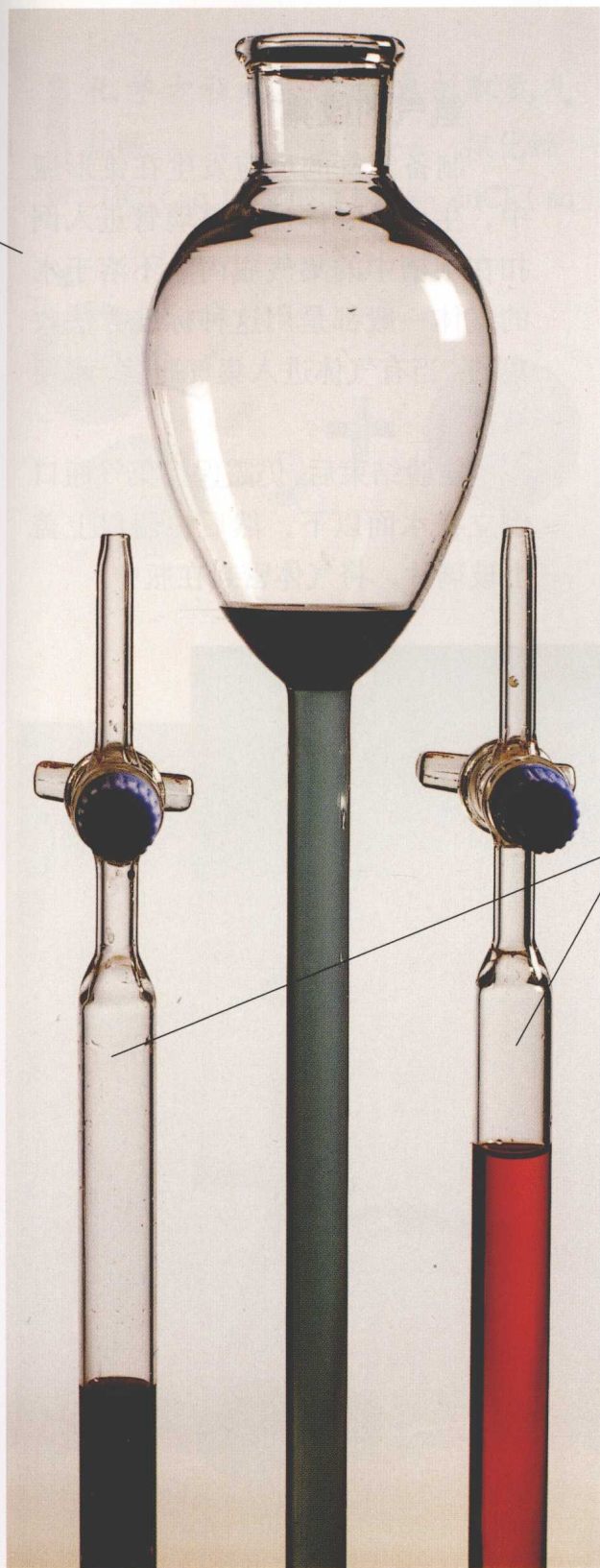


▲ 霍夫曼水电解器。它由三根连通的玻璃管和两个电极组成，电极和直流电源相连。

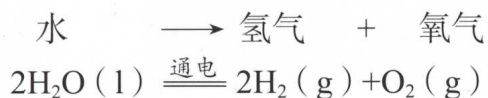
多识一点…

水是最常见的含氢物质，然而它却有很多不同寻常的特性。在室温下，只有极少量的水分子（大约每 5 亿个水分子中只有 1 个）能分解成离子。如此微弱的电离，导致纯水（有时叫做去离子水）的导电性很差（参见第 11 页所示的电解原理）。

只有在有水存在的情况下，才会有氢离子。这有助于我们理解为什么酸只有溶解在水中才能表现出酸的性质（参见第 18 页），而结晶状的固体酸却不表现酸性。因此，发酵粉（含有酒石酸）只有与水混合后才能产生气泡。



化学方程式：水的电解



化学键：由于两个或两个以上原子之间的电子转移或共享，而在相邻原子间产生的强烈的相互作用。化学键有多种类型，其中有的比较强（如共价键），而有的则比较弱（如氢键）。化学键形成的原因是通过化学键联结的分子比没有发生联结的原子要稳定。例如，氢分子（ H_2 ）比单个的氢原子稳定。

氢键：一种较弱的分子间作用力（吸引力）。

电解：一种利用电流导致化合物分解和金属离子在溶液中移动的电化学过程。这一过程存在于许多自然现象中（如金属的生锈），同时在工业生产中常用于金属的提炼和电镀。

◀ 通电一段时间后，霍夫曼电解器的局部放大图。氢离子在左边的玻璃管中重新结合生成氢气分子，在右边玻璃管中收集到的则是氧气。红色是指示剂原来的颜色，而蓝色则是指示剂受酸（氢离子）作用的结果。

正如水的化学式 H_2O 所示，每收集1体积氧气的同时可收集到2体积氢气。本页左下角的化学方程式也能反映出所生成气体的相对体积。

电解水的工作原理

纯水的导电性很差，但含有杂质的水却能导电。例如，稀的酸溶液就是极好的导体，汽车蓄电池中所用的就是稀硫酸溶液。

在电解过程中，当把两个电极浸入到稀酸中，通电后，电能就可使水分子分解为氢离子和氢氧根离子。因为异性电荷相互吸引，所以带正电荷的氢离子通过稀酸溶液向阴极迁移，并在阴极上结合成氢气。而带负电荷的氢氧根离子则迁移到阳极，生成氧气。

利用电解水产生氢气，需要消耗大量的电能，造价颇高。然而，电能并没有被浪费掉，而是以化学能的形式储存在氢气中。这些化学能使得氢气极易燃烧，与空气或氧气混合后甚至会发生爆炸。

氢气的实验室制备

在实验室里,可以通过稀酸和金属的反应来制备氢气,例如下图所示的稀盐酸和锌反应。为了提高反应速率,盐酸中加入了硫酸铜稀溶液,使得酸溶液呈绿色。但硫酸铜本身并不参加反应,只是作为催化剂,起到改变反应速率的作用。

氢气的收集

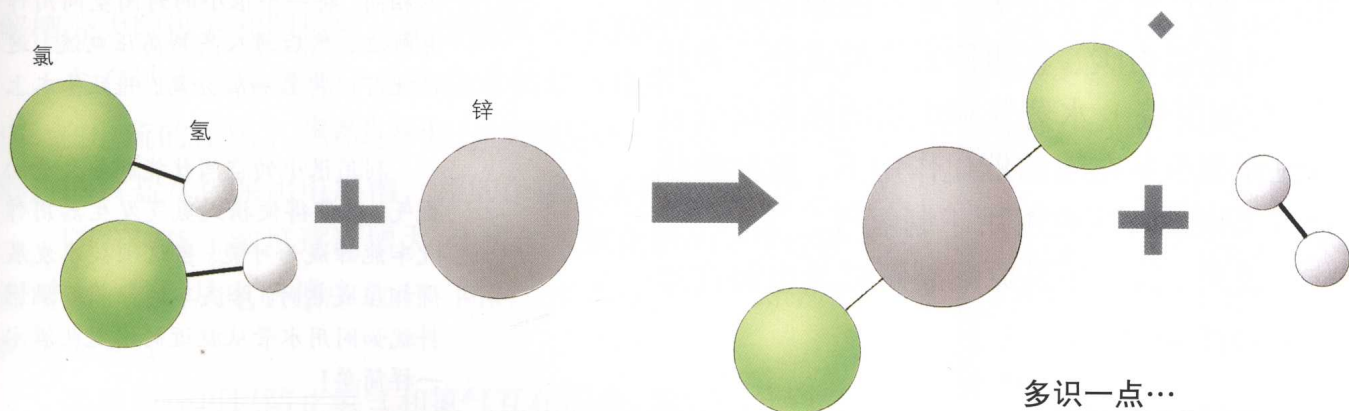
制备氢气的反应发生在锥形瓶中,生成的气体通过玻璃管进入倒扣在水槽中的集气瓶内。不溶于水的气体一般都是用这种标准方法收集的。当有气体进入集气瓶后,水便被排出。

实验结束后,仍需保持集气瓶口倒立在水面以下,然后在瓶口上盖上玻璃片,将气体密封在瓶中。



化学方程式：实验室制取氢气

盐酸 + 锌 $\longrightarrow$ 氯化锌 + 氢气



催化剂：只改变化学反应速率，而本身并不发生化学变化的物质。

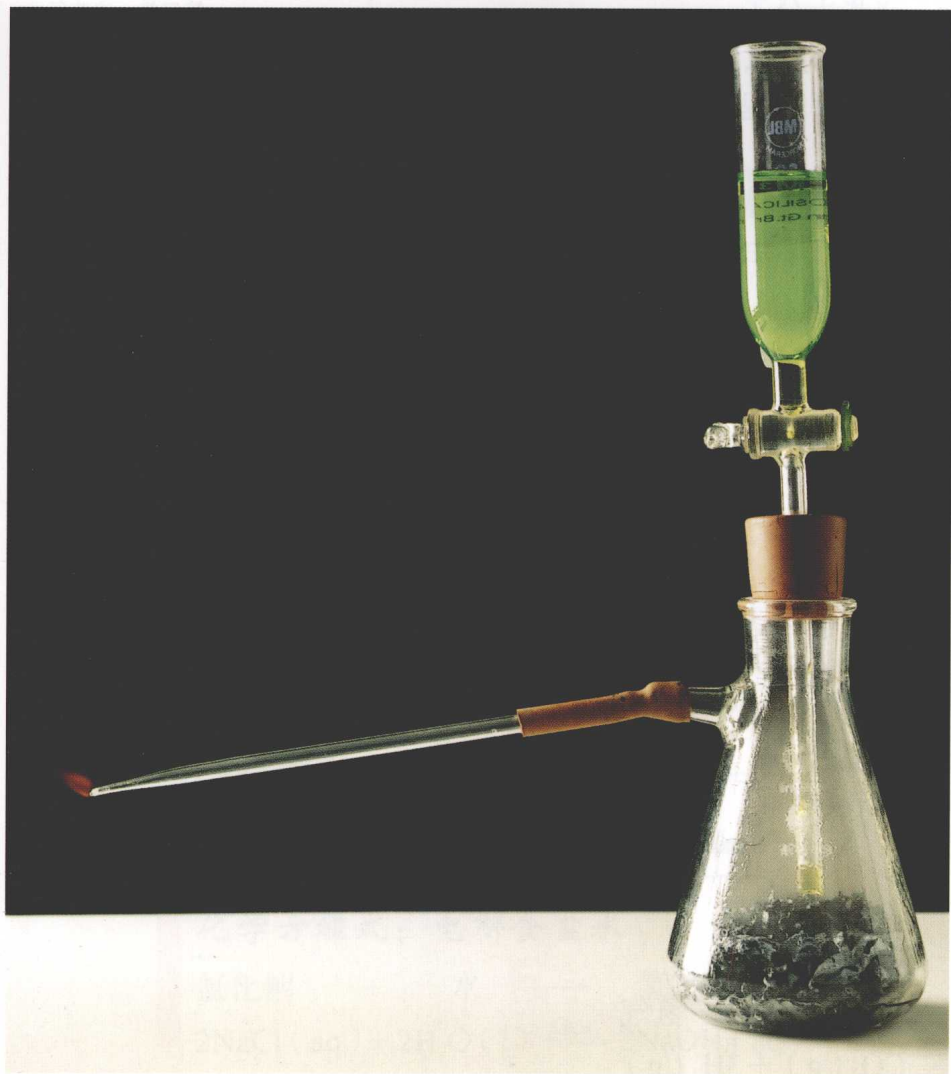
多识一点…

氢气燃烧时产生无色火焰，并释放出大量的热，可将玻璃管尖嘴处熔化。你所观察到的黄色火焰是由玻璃中所含的钠元素造成的。钠及其化合物在灼烧时，能使火焰呈现黄色。

氢气的可燃性

如果不用集气瓶收集，氢气就会从玻璃管的开口处泄漏出去。左图说明氢气是可燃的。

微小的火焰说明氢气产生的速度并不快；火焰非常平稳，表明硫酸铜作为催化剂，在持续不断地制备气体的过程中发挥了作用。（氢气燃烧产生的火焰应该是无色的，而图中的火焰呈黄色。这是因为玻璃中含有钠元素。）



氢气的工业制备

氢气在工业上的需求量是很大的,制备方法也多种多样,例如烃裂解法、烃蒸气转化法、炼厂气提取法等。基本的原材料是水 and 烃(烃是由碳、氢两种元素组成的一类化合物,如甲烷)。水蒸气和炽热的焦炭反应也可制得氢气。在镍的催化作用下,原油燃烧释放出来的蒸气也可用于制氢气。

此外,氢气还是原油裂解以及电解食盐水的副产物。

由烃制氢气

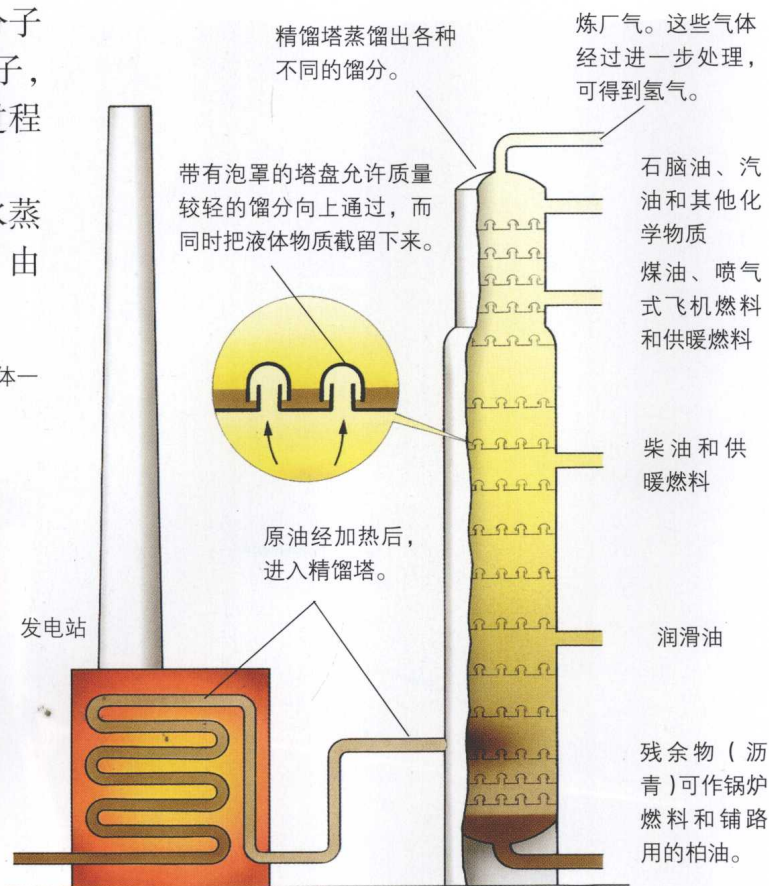
原油精炼后得到的大分子可以被分解成小分子,这个过程叫做裂化。这些小分子继续在一定的条件下分解为更小的分子,这一过程叫做裂解。石油裂化和裂解过程中,就能产生氢气这种副产物。

另外,氢气也可以通过一种叫做“水蒸气转化法”的方法,在800℃的高温下,由简单的烃的衍生物(如甲醇)制得。

► 精馏塔的工作原理。氢气和其他气体一起在塔顶收集。



▲ 石化厂局部一瞥。高塔是一个裂解装置,从中可以分离出各种石化产品,并排放出氢气等副产物。



多识一点...

与过去相比,现在氢气的生产技术已经有了新的发展,生产规模也大不相同。将一个很小的封闭空间用作电解池,然后通入高频高压电流。这样就可以将氢和氧分离,并且基本上不放出热量。

利用很小的空间就能制备大量的氢气,这使得便携式氢气发生器用作汽车能源成为可能。当这项技术发展得相当成熟时,给汽车的油箱灌满燃料就如同用水管从就近的水龙头灌水一样简单!

水蒸气转化法制氢气



电解法制氢气

电解法制氢气所用的原料是食盐水，电解产物除氢气外，还有氢氧化钠、氯气等重要化学物质。

工业上电解食盐水大多采用离子半透膜法。半透膜将电解槽分为阳极室和阴极室，半透膜只允许钠离子通过。

含有钠离子和氯离子的食盐水被泵入电解槽的阳极室中，在电流的作用下，钠离子通过半透膜进入阴极室中。电解过的食盐水被泵出电解槽，新的浓盐水又补充进来。

随着钠离子浓度逐渐增大，生成的氢氧化钠的浓度也逐渐增大，最后从电解槽中放出。同时，水中过量的氢离子则转化为氢气。

半透膜还可以防止氢气和氯气互相混合，使它们分别得以收集。

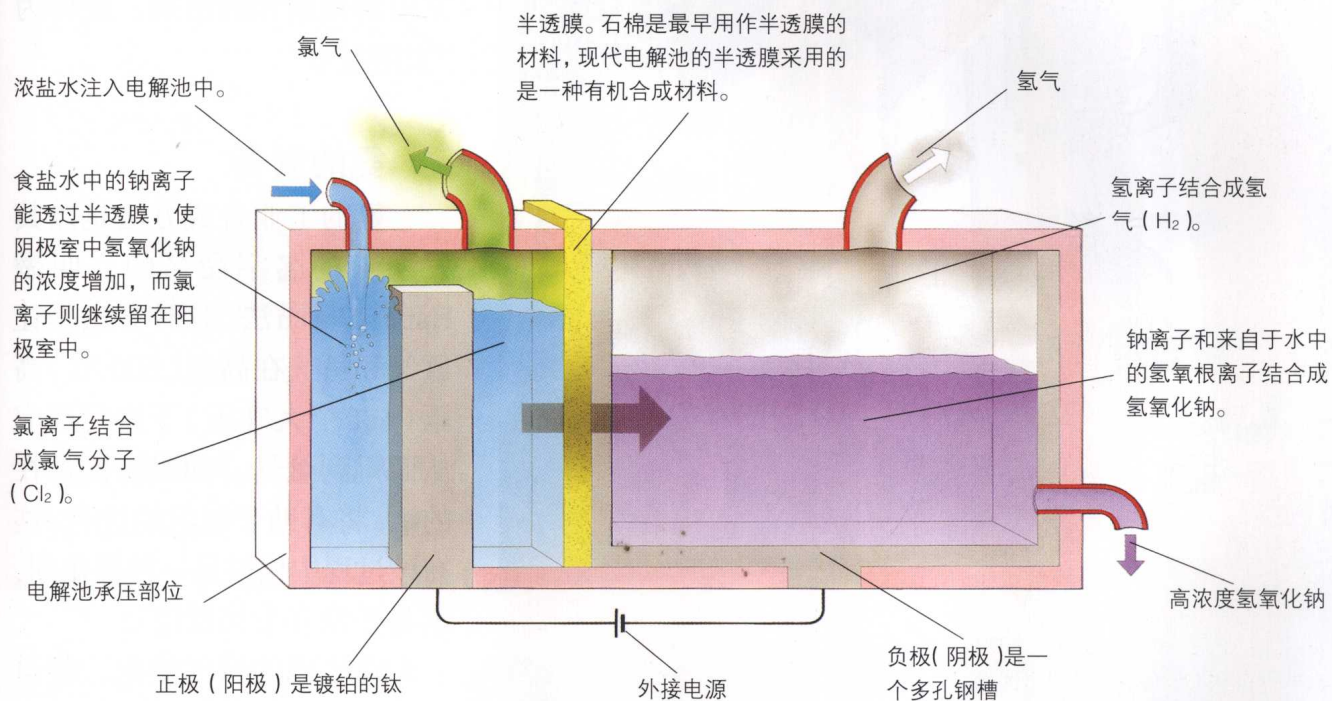
裂解：将复杂分子破裂成更简单化合物的过程，通常用于石油精炼。

原油：从油井中开采出来、未经加工处理的石油，是一种含有多种化学组分的混合物。原油是炼油厂的原材料。

电解：一种利用电流导致化合物分解和金属离子在溶液中移动的电化学过程。这一过程存在于许多自然现象中（如金属的生锈），同时在工业生产中常用于金属的精炼和电镀。

半透膜：相当于一个由极其微小的网眼组成的过滤器，它只允许很小的离子（或分子）通过，而大分子不能通过。

▼ 工业生产氢氧化钠的离子半透膜电解池示意图



化学方程式：电解食盐水

