

•科普•

doi: 10.3866/PKU.DXHX201903016

www.dxhx.pku.edu.cn

“地小氢”和“月小氢”

陈诗懿[§], 朱亚先^{*}

厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

摘要: 氢是宇宙中含量最多的元素, 与人类的生活密不可分。本文将氢拟人化, 使月球上的氢和地球上的氢来了一次亲密互动。通过生动有趣的对话, 介绍了氢的发现史和性质, 展望了氢在未来不同方面的应用。

关键词: 氢; 应用; 性质

中图分类号: G64; O6

Hydrogen on the Earth and the Moon

CHEN Shiyi [§], ZHU Yaxian ^{*}

College of Chemistry and Chemical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian Province, P. R. China.

Abstract: Hydrogen is the most abundant chemical element in the Universe and is tightly related to human life. This article personifies hydrogen, bringing a close interaction between the hydrogen on the moon and the hydrogen on the Earth. Through lively and interesting dialogues, the history of hydrogen discovery and the properties are introduced, and the application of hydrogen in different aspects of the future is prospected.

Key Words: Hydrogen; Application; Property

氢第一次见到这位来自月球的新朋友时, 简直不敢相信自己的眼睛——他居然和自己一模一样! 新朋友对氢的惊讶好像早有准备, 笑着解释说: “你好! 我来自月球, 是跟随宇航员们前来拜访地球的。”

地球上的氢和月球上的氢对望着, 先是面面相觑, 然后哈哈大笑: “没错, 我们确实一模一样, 虽然我们来自不同的星球。”

“我这次是到地球来学习的, 听说, 我们在地球上有很多故事, 快给我讲讲吧。”

“我想想……” 地球氢挠挠头, “那我就做一会儿老师, 给你上一节课吧, 哈哈……”

“第一课是我们的名字, 在地球上人类都叫我们氢, 我们是元素周期表中排在第一位的元素。” 他在黑板上工整地写下自己的名字。

“氢。” 新朋友跟着念了一遍, 似乎相当喜欢这个名字。

“这个名字的来历可以追溯到公元 1671 年, 有一个叫罗拔·波义耳的人发现铁屑和稀释酸之间会发生反应, 并产生气体。1766 年, 亨利·卡文迪什同样利用金属与酸之间的反应, 首次发现这是一种独立的物质, 将其命名为‘易燃气’。1783 年, 拉瓦锡将这一元素命名为‘Hydrogen’, 在希腊

收稿: 2019-03-14; 录用: 2019-03-20; 网络发表: 2019-04-12

^{*}通讯作者, Email: yaxian@xmu.edu.cn

[§]2018 级本科生

基金资助: 国家基础科学人才培养基金项目(J1310024)

文中意为‘生成水的物质’。后来中国人根据 19 世纪 50 年代英国医生合信编写的《博物新编》，将其翻译为‘氢’，也就是最轻的气体^[1]。”

他歪着头想了一下，接着说道：“虽然我们一模一样，但为了便于区分，你可以叫我地小氢，我就叫你月小氢吧？”

月小氢有些害羞地点点头。月球是个有些贫瘠的地方，他认识的朋友很少，似乎从来没有人这么亲昵地叫过他呢。

地小氢一眼就看出了月小氢的心思：“地球可不一样，在这里元素是个大家族，几乎所有的元素都可以在地球上找到，我们和他们也互有来往。比如氯大哥，当我们和他的混合浓度处于 5%–95% 时，就容易发生爆炸^[2]。还有氧小姐，遇上她我们极易燃烧，通常我们燃烧的火焰是蓝色的，但在氧气比例较高时，火焰是无色的。嗯，所有具有氧化性的元素，我们都可以和他们发生反应，在室温下就能和氟先生发生剧烈反应，生成氟化氢。”

月小氢一听，紧张得从椅子上站了起来。地小氢被月小氢逗笑了，赶忙摇摇手：“好了，好了，不吓你了，我们也不是和每个人见面都要吵架的。你看碳爷爷，我们和他就能友好合作，生成有机物，带来了地球生命。”

月小氢糊涂了：“什么是有机物？”

地小氢一拍脑门：“哎，我忘了月球上没有有机物了。有机物是含碳化合物，是生命产生的物质基础。大多数有机化合物主要含碳、氢两种元素，有些还含氧、氮、磷等元素。只由碳和氢组成的碳氢化合物，称为烃。烃类难溶于水，完全燃烧可转化为二氧化碳和水。它是地球上最重要的能源资源，比如石油、汽油、煤油、柴油等燃料都是烃类化合物。”

月小氢：“这么说，我们可以组成的化合物数以万计？”

“当然，”地小氢自豪地说，“我们在元素界的人缘可好了。除了稀有气体元素外，几乎所有的元素都愿意与我们合作，生成化合物。有离子型氢化物、共价型氢化物，还有金属型氢化物……”

月小氢拿出笔记本一一记下：“原来在地球上这么多朋友啊！”接着，他叹了一口气，有点沮丧：“在月球的时候，我主要生活在月球两极，很少和其他元素交朋友哦……”

“不单单有元素朋友，还有三位表兄弟哩！”随着声音，三位不速之客闯了进来，互相推攘着挤到月小氢面前，“你好呀，新朋友！”

月小氢定睛一看，只见三人长相十分相似，这下又把月小氢弄迷糊了。

地小氢连忙介绍道：“这是我们的三个同位素表兄弟。这位是大表哥氕，他的原子核不含中子，只含一个电子和质子。就像你看到的那样，他最喜欢到处乱跑，是存在感最高的一位表兄弟。”

大表哥一看就是性格十分开朗的人，地小氢话音未落，就兴冲冲地冲月小氢打招呼。

地小氢继续介绍：“这位是二表哥氘。他的原子核由一颗质子和一颗中子组成，也被称为重氢，含有他的水被称为重水，在核反应堆中可用作中子减速剂和冷却剂，同时也有着成为商业核聚变反应燃料的潜能。”

二表哥和他的名字一样是个稳重的原子，他微笑着对月小氢点点头。

地小氢最后指着一个大胖小子说：“这是三表哥，他的原子核又多了一个中子，所以又被叫作超重氢。他带有放射性，可以用作发光材料和化学生物学实验中的放射性标识。只是他脾气不好，一发脾气就发生 β 衰变，变成氦-3。”

月小氢瞬间想起自己在月球上的朋友，兴奋地拍着手说：“氦-3 我知道，就是在地球上含量极少但是月球上含量极高的一种未来能源物质，是人类探索月球的主要目标。”

氕表哥的脾气果然暴戾，他打断月小氢的话：“你怎么胳膊肘往外拐啊，我们也是能源材料呀，氢燃料电池知道不？”

月小氢被吓了一跳，慌乱地摇摇头。

“那你可听好了。”氙表哥一把抢过地小氢的教鞭，敲着黑板道，“相较于干电池、蓄电池等传统电池，氢燃料电池具有无污染、无噪声、高效率等优点。因为它的原理是通过电化学反应，直接将化学能转化为电能，产物是水，也不会产生有毒气体和粉尘等污染物。”

月小氢：“我明白了，如果说传统电池是一种储能装置，那么氢燃料电池更像一种发电装置。”

“氢燃料电池的用途十分广泛。早在 20 世纪 60 年代，就已经成功地应用于航天领域，在“阿波罗”号飞船上大展身手了。但是，氢能的利用需要解决三个问题：制取、储运以及应用。因为氢气易燃、易爆、易扩散，所以氢能的储运是关键。你想，如果只是用容器去‘装’氢气，那得多麻烦，需要多大的容器呀，而且氢气还易燃易爆！于是也就有了储氢材料。”

“只要能储存氢的材料都可以叫作储氢材料吗？”

“并没有这么简单，储氢材料必须具备高度的反应可逆性，可以反复地进行吸储氢和释放氢的可逆反应，而且，此可逆循环的次数必须足够多。”

月小氢不好意思地挠挠头：“原来如此，是我想得太简单了。”

氙表哥继续说道：“最早发现金属钯是吸氢能手，1 体积的钯能溶解几百体积的氢气，但钯很贵，缺少实用价值。于是，人类寻找了各种各样的材料以便更好地储存氢气，其中应用最广泛的是储氢合金材料，有稀土系和钛锆系、镁系。它们像海绵吸水一样大量吸收氢气，并且安全可靠。”

“说起储氢合金，还有个故事哩。1977 年日本大阪电器产业中央研究院的青年研究人员在实验中发现，将钛锰合金和氢气装入容器之后，氢气压力由原来的 10^3 kPa 降到 10^2 kPa 以下。经检查容器气密性又毫无问题，氢气没有泄漏出来，毫无疑问是钛锰合金吸收了氢气^[3]。”

“等等。”月小氢又糊涂了，“合金为什么能吸收氢气呀？”

氙表哥难得耐心地解释道：“在一定的温度和压力条件下，氢分子在合金中分解成单个的原子，然后‘见缝插针’地进入合金原子之间的缝隙，并与合金进行化学反应生成金属氢化物。而当对这些金属氢化物进行加热时，氢原子又结合成氢分子释放出来^[4]。”

“这么说，如果储氢材料表面被氧化物覆盖或者吸附着水汽，会不会影响到氢分子进入合金，降低它的储氢能力呢？”月小氢问道。

“当然。这时候储氢材料就中毒了，所以在吸收氢的时候也要注意有没有带入氧、水分等不纯物。还有材料的导热性也会影响到它的储氢能力，因为氢可逆反应过程需要加热和放热，因此可将导热性能良好的铜等金属制成多孔或网状，再将储氢材料填入其中^[5]。”

地小氢补充道：“碳质材料也可以储氢，是储氢材料中最好的物理吸附剂，不仅对少数的气体杂质不敏感，而且可反复使用；还有配位化合物和水合物等储氢材料，虽然有环保等优点，但分解速率低，形成条件苛刻，实际应用价值不大。总之，科学家们还在进行进一步的研究之中哦^[4]。”

一直沉默的氙表哥惋惜地插话：“虽说随着科技的发展，技术问题已经逐步被攻破并且完善，可惜成本问题依然存在，几乎是普通汽油发动机 100 倍的成本远远高于市场能承受的范围，目前氢燃料电池车和飞机等民用设施不能够大批量生产。”

乐观的氙表哥笑呵呵地说道：“也不能这么想，未来总会解决成本问题的。目前，氢燃料电池在发达国家的应用正在提速，以期在 21 世纪中叶进入“氢能经济”时代，实现真正意义的‘零排放’，从实验室走向产业化也许并没有这么遥远。”

月小氢不好意思地挠挠头：“原来我们这么了不起啊！”

氙表哥脸色缓和下来：“你不知道的还多呢！我们氢不只有气体一种形态。当温度降低到 20.268 K 的时候，氢就会由气体变为液体。液态氢也可作为储存氢气的一种方式，通常被用作火箭发射的燃料。”

“还有固态氢呢！”活泼的气表哥也插话道，“温度降到 14.01 K 的时候，就会变成固态氢，是目前已知密度最小的固体”。

地小氢看着这三个跑来抢他“饭碗”的家伙有些无奈，他灵机一动，对三个捣蛋鬼说道：“既然你们知道的这么多，我就来考考你们。”

“好！你说！”

“氢化钠、氢化锂等离子型氢化物我们都不陌生，但你们有没有想过氢负离子可以单独存在呢？”

“单独存在的氢负离子？”三人面面相觑，最后还是气表哥说：“听说过这个东西，但很不稳定，之前人们一直以为它不存在，或者非常罕见。”

“但事实上它不仅存在，还与我们的生活有关呢。”

一直乖乖听课的月小氢举手问道：“那么它是固体、液体还是气体呢？”

地小氢摇摇头：“都不是，是等离子体，即物质的第四种状态。也是自然界中最常见的物质状态。”

“那怎么才能产生它呢？”

“大概有三种：第一种是在高温、无氧还原条件下，比如火山喷出的岩浆冷却时会产生；第二种是通过人工生成，比如用真空等离子体放电管或者特殊还原性磁化陶瓷球；第三种也是最普遍的一种，发生在生物的细胞内，比如腺嘌呤核苷三磷酸(ATP)的产生就需要 H^- 和烟酰胺腺嘌呤二核苷酸正离子(NAD^+)在脱氢酶的作用下结合生成 NADH，使 ATP 合成酶发生作用^[6]。”

“真是长知识！”三兄弟佩服地向地小氢说，蹦蹦跳跳地离开了。

看着三兄弟离开的背影，地小氢咳嗽一声，把月小氢的注意力重新拉回来：“对了，还有金属氢。”

月小氢一愣：“金属氢？”

“对。”地小氢点点头，“你还记得我们在元素周期表上的位置吗？”

“记得，记得。”月小氢赶紧抓住机会表现自己，“我们属于IA族——碱金属族。和我们同一主族的有锂、钠、钾、铷、铯、钫，但他们都是极其活泼的金属，我们似乎有些……格格不入。”

“你说的没错，可是你想想，既然我们隶属于同一主族，为什么不能有变成金属的潜力呢？”

“哇！所以说真的存在金属氢吗？”

“当然！”地小氢嘴上这么说着，脸上却露出了惋惜的表情，“理论物理学家早在 84 年前就预测出金属氢的存在，但是直到 2017 年初，哈佛大学的研究团队才首次制得固态金属氢。但是短短的两个多月不到，就由于操作失误，使得盛放金属氢的钻石容器破裂，这块金属氢样本也随之消失^[7]。”

“那可真是太可惜了。”月小氢也不由耷拉下脑袋，“不过，知道方法的话，可以再次制造出来吧？”

“是的，但实验条件非常苛刻。需要对氢气施加 495 GPa 的高压——这一数值甚至超过了地球中心的压力值——才能将分子氢的化学键打开，最终形成由氢原子为最小单位组成的晶体氢，才构成了金属氢。”

“太困难了！如果可以大批量生产的话对人类会有很大的帮助吧。”月小氢已经明白能源对人类社会来说有多么重要，“金属氢拥有高能量密度，液氢能做到的它也一定能做到，而且更高效。”

“对。它的密度是液氢的 7 倍，可用作高效的推进剂。还能在核聚变和超导体上发挥重要作用。同时它作为超高含能物质的能量密度高达 $218 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$ ，可用于制造高能炸药，其爆炸威力是现在炸药的四五十倍^[8]。”

“四五十倍！居然这么强！等等……所以说，”月小氢脑袋一转，“制造金属氢的核心点是高强度的压力？”

“没错。”

月小氢哈哈一笑，宽慰地小氢：“你别着急。我们的家族是全宇宙最大，数量最多的！可不单单地球、月球上有氢，宇宙中到处都是我们的兄弟们。”

“真的吗？”地小氢听到这个消息高兴得跳了起来，原来自己有这么多的家人，浩瀚宇宙，他们从未孤独。

“真的。”月小氢自豪地说道，“我们的先辈早在宇宙复合阶段就出现并遍布宇宙，是最早出现的两种元素之一。我们还是恒星和巨行星的主要成分之一，并且通过反应为恒星提供能量。氢气分子云还是恒星形成的地点哦^[9]。”

“那他们和我一样，主要存在形式也是双原子气体，也就是氢气吗？”

月小氢摇摇头：“不，主要是以单原子形态和等离子态存在。单原子氢(H)是宇宙中最常见的化学物质，占重子，也就是像质子和中子这样由三个夸克组成的复合粒子的总质量的75%，占原子总数的90%。而等离子态的氢是主序星的主要成分，是行星发光的原因^[9]。”

月小氢顿了顿，继续说：“所以虽然地球上的金属氢消失了，但不代表宇宙中就没有。就太阳系而言，能满足金属氢产生所需压力的天然的地方是木星的中心。而且木星是一个巨大的气体行星，上面的氢足足占了88%–92%。”

“也就是说，随着木星上深度的增加，表面大气中的氢气会转变为液氢，而液氢继续压缩，最终木星的内部——说不定就是一块超级大的金属氢！”地小氢抢着说。

“哈哈，至少理论上来说是这样的没错。”月小氢调皮地眨眨眼，“虽然我对地球上氢的生活了解的少之甚少，但是宇宙中的故事，你还得问我呢。”

地小氢点点头，谦虚地说道：“我要向你学习，希望有一天我也可以像你一样遨游宇宙，去探索和学习那些无限的未知的新知识！”

“相信你一定会的，祝福你！”

这对亦师亦友亦是家人的两位氢兄弟在璀璨的星空下紧紧相拥，共同畅想着美好的未来。

参 考 文 献

- [1] 李海. 化学教学, 1989, No. 3, 36.
- [2] Patnaik, P. *A Comprehensive Guide to the Hazardous Properties of Chemical Substances*; Wiley-Interscience: New York, 2007; pp 402.
- [3] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 北京: 科学出版社, 2018: 288.
- [4] 储氢材料的研究概况与发展方向. [2019-03-10]. <http://china-hydrogen.org/hydrogen/storage/2011-07-16/864.html>.
- [5] 王荣明. 储氢材料及其载能系统. 重庆: 重庆大学出版社, 1998: 1–25.
- [6] 及川胤昭. 负氢离子与癌症康复基础研究与临床实例. 丛峰松, 译. 北京: 中医古籍出版社, 2015: 19–145.
- [7] 金属氢的悲惨一生. [2019-03-10].
<https://baike.baidu.com/tashuo/browse/content?id=f97c8e264669a102f5c2c232&lemmaId=642031&lemmaId=642031&fr=qingtian>.
- [8] 孔超, 韩一丁. 国防科技工业, 2017, No. 4, 61.
- [9] 氢. [2018-09-14]. <https://cn.wikipedia.org/wiki/Hydrogen>