

氯气与水的歧化反应是可逆反应

张映明

(临沧市第二中学, 云南临沧 677000)

摘要: 不同时期的人教版高中化学教材关于氯气与水的歧化反应, 都呈现给读者两种互相矛盾的观点。一种观点认为, 氯气与水的歧化反应不是可逆反应; 另一种观点认为, 氯气与水的歧化反应是可逆反应。查阅大学无机化学教材得知, 理论与实验研究都已经证明: 氯气与水的歧化反应是可逆反应的观点才是正确的。建议对教材中有关的化学方程式进行纠正, 呈现给读者科学的结论。

关键词: 氯气与水反应; 歧化反应; 可逆反应; 教材编写

文章编号: 1005-6629(2015)2-0091-04

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

氯气与水的歧化反应是高中化学中的重要内容。氯气与水的歧化反应是否可逆呢? 人教版高中化学教材或明或暗地呈现给读者互相矛盾的两种观点。

1 观点一: 氯气与水的歧化反应是不可逆反应

1.1 人教版教材中的可逆反应及其书写规则

化学方程式提供的信息包括: 哪些物质参加反应; 通过什么条件反应; 反应生成了哪些物质;

参加反应的各粒子的数量; 反应前后质量守恒等^[1]。进入高中阶段后, 化学方程式提供的信息还包括反应进行的限度等。根据进行程度的差异, 通常把化学反应分为两类: 可逆反应与不可逆反应。在化学方程式中, 反应可逆与否是用“ \rightleftharpoons ”和“ \rightleftharpoons ”来标识的。不同时期的人教版高中化学教材也指出, 在书写可逆反应方程式时用“ \rightleftharpoons ”连接反应物与生成物。详见表1。

1.2 人教版教材中氯气与水的歧化反应方程

表1 人教版高中化学教材中的可逆反应及其方程式的书写规则

教材名称	内容表述	出版社	出版年份	页码
人民教育出版社化学室编著. 高级中学课本: 化学(必修), 第一册(以下称为早期高中教材)	在同一条件下, 既能向正反应方向进行, 同时又能向逆反应方向进行的反应, 叫做可逆反应。在化学方程式里, 用两个方向相反的箭头代替等号来表示可逆反应。如: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$	北京: 人民教育出版社	1995	68
人民教育出版社化学室编著. 全日制普通高级中学教科书: 化学(必修), 第一册(以下称为近期高中教材)	在同一条件下, 既能向正反应方向进行, 同时又能向逆反应方向进行的反应, 叫做可逆反应。在化学方程式里, 用两个方向相反的箭头代替等号来表示可逆反应。如: $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$	同上	2007	72
宋心琦主编. 普通高中课程标准实验教科书: 化学1(必修)(以下称为现行高中教材化学1)	二氧化硫是一种酸性氧化物, 它溶于水时生成亚硫酸, 溶液显酸性。亚硫酸不稳定, 容易分解成水和二氧化硫, 因此二氧化硫与水反应生成亚硫酸是一个可逆反应, 用“ \rightleftharpoons ”表示。如: $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$	同上	2007	90

表2 人教版高中化学教材中氯气与水的歧化反应方程式

教材名称	内容表述	出版社	出版年份	页码
早期高中教材	氯气溶解于水, 在常温下, 1 体积水能够溶解约 2 体积的氯气。氯气的水溶液叫氯水, 溶解的氯气能够跟水起反应, 生成盐酸和次氯酸: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$	北京: 人民教育出版社	1995	6
近期高中教材	氯气溶解于水, 在常温下, 1 体积水约溶解 2 体积的氯气。氯气的水溶液叫“氯水”, 氯水因溶有氯气而呈黄绿色。溶解的氯气部分能够与水起反应, 生成盐酸和次氯酸: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$	同上	2007	61
现行高中教材化学1	在 25℃时, 1 体积的水可溶解约 2 体积的氯气, 氯气的水溶液称为氯水。在常温下, 溶于水中的部分 Cl_2 与水发生如下反应: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$	同上	2007	84

式的书写

历来的人教版高中化学教材,在书写氯气与水的歧化反应方程式时都用“ \rightleftharpoons ”来连接反应物与生成物。详见表2。

根据表1中可逆反应方程式的书写规定和表2中氯气与水的歧化反应方程式,我们认为,人教版高中化学教材一直呈现给读者这样的观点:氯气与水的歧化反应不是可逆反应。由于氯气与水的歧化反应不是可逆反应的观点是以化学方程式的形式来表达的,加之中学化学教学历来强调化学方程式的书写与记忆,因此它对师生的影响相当深刻。

2 观点二:氯气与水的歧化反应是可逆反应

2.1 人教版教材中证明氯水成分多样性的实验及其结论

在定义可逆反应时,有一个必要的前提,那就是:反应物和产物必须同时存在于同一反应体系中,而且在相同条件下,正、逆反应都能够自动进行。不能满足这个前提的化学反应体系,就不能认为具有可逆性^[2]。氯水中究竟有哪些物质呢?人教版教材从不同侧面做了回答。详见表3。

氯水中有 HClO 和 HCl 存在,说明 Cl₂ 与 H₂O 发生了歧化反应。氯水中有没有 Cl₂ 存在,是决定 Cl₂ 与 H₂O 的歧化反应是否可逆的关键因素。从表3可以看出,人教版化学教材中的很多实验已经证明,氯水中的确含有 Cl₂。因此,我们认为人教版化学教材证明氯水成分多样性的实验及其结论,除了告诉读者氯水的组成成分外,也彰显了 Cl₂ 与 H₂O 的歧化反应是可逆反应的观点。

同是人教版化学教材,有的地方明示 Cl₂ 与 H₂O 的歧化反应不是可逆反应,有的地方暗示 Cl₂ 与 H₂O 的歧化反应是可逆反应。两种观点谁是谁非呢?

相关的研究证明,卤素单质与水可发生两类反应。第一类是卤素单质从水中置换出氧气的反应: $X_2 + H_2O \rightleftharpoons 2H^+ + 2X^- + \frac{1}{2} O_2$; 第二类是卤素单质与水发生的歧化反应: $X_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + X^- + HXO$ 。氯、溴、碘与水主要发生第二类反应,该反应是可逆的^[3]。任何科学知识都存在真理性的确认问题,化学科学知识也是如此。在化学科学研究领域中,化学实验是确认化学科学知识真理性的客观标准^[4]。目前的实验研究不但确定了氯水中氯气的存在,并

表3 高中化学教材中证明氯水成分多样性的实验及其结论

教材名称	实验内容	实验结论	出版社	出版年份	页码
早期高中教材	将少量新制的饱和氯水分别注入盛着 NaBr 溶液和 KI 溶液的试管里,用力振荡后,再注入少量无色汽油(或四氯化碳)。振荡。观察油层和溶液颜色的变化	氯水中有氯气	北京:人民教育出版社	1995	73
现行高中教材化学1	氯水的漂白作用:将有色纸条或布条、有色花瓣放入盛有 1/3 容积新制氯水的广口瓶中,盖上玻璃片。观察现象	氯水中有次氯酸	同上	2007	84
现行高中教材化学2	将少量氯水分别加入盛有 NaBr 溶液和 KI 溶液的试管中,用力振荡后加入少量四氯化碳,振荡、静止	氯水中有氯气	同上	2007	9

表4 中学教材中涉及用排饱和食盐水法收集 Cl₂ 的实验

教材名称	内容表述	出版社	出版年份	页码
人民教育出版社化学室编著. 高级中学化学(必修)第一册教学参考书	在演示氯气与氢气的混合气体受光照发生爆炸的实验时,……最好用排水法收集氢气。因氯气能溶解于水,可用排饱和食盐水法收集氯气	北京:人民教育出版社	1995	31
人民教育出版社化学室编著. 全日制普通高级中学教科书: 化学(必修, 第一册)教师教学用书	在演示氯气与氢气的混合气体受光照发生爆炸的实验时,……为得到较纯的氯气和氢气,可用排饱和食盐水法收集氯气和氢气	同上	2003	71
人民教育出版社化学室编著. 全日制普通高级中学教科书: 化学(必修加选修, 第二册)	取一个 100mL 的大量筒,用排饱和食盐水的方法先后收集 20mL CH ₄ 和 80mL Cl ₂ , 放在光亮的地方,等待片刻,观察发生的现象	同上	2007	100
现行高中教材化学1	取 2 支硬质大试管,通过排饱和食盐水的方法先后各收集半试管甲烷和半试管氯气,分别用铁架台固定好。其中 1 支试管用预先准备好的黑色纸套上,另 1 支试管放在光亮处。片刻后,比较 2 支试管中的物质,二者现象是否有区别	同上	2007	61

且测定出了氯水中氯气的浓度为 $0.062 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ [5]。因此,上述两种观点中,只有 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是可逆反应的观点才是对客观实际的正确反映。这一观点在应用于解决问题时再次表明了它的科学性。

2.2 氯气与水的歧化反应是可逆反应观点的应用

2.2.1 应用于化学实验

用排饱和食盐水法收集氯气,是不同时期的人教版高中化学教材在做某些实验时的共同选择。详见表 4。

从表 4 可以看出,人教版高中化学教材在做氢气与氯气的化合反应以及甲烷与氯气的取代反应实验时,都强调氯气的收集采用排饱和食盐水法。假如 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是不可逆反应,用排饱和食盐水法收集氯气与用排水法收集氯气相比,氯气的损失量不会有区别,至少不会有明显的差别。因为不可逆反应体系没有化学平衡状态的存在, Cl^- 的有无及其浓度的大小对氯气在饱和食盐水中的溶解度不会产生大的影响。只有当 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是可逆反应时,才能解释为什么氯气在饱和食盐水中的溶解度会更小。用排饱和食盐水法收集氯气时,溶液中足够大的 Cl^- 浓度对可逆反应 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$ 正反应的进行程度具有足够强的抑制作用,从而使氯气的溶解度降到最低水平。

2.2.2 应用于教材习题的解答

《化学反应原理》(人教版,2007)第 52 页有如下习题:“2.……在氯水中存在的各种粒子有_____。教师教学用书给的参考答案是: Cl_2 、 Cl^- 、 H^+ 、 ClO^- 、 HClO 、 H_2O 、 OH^- ”。我们据此推断:教师教学用书认为 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是可逆反应。根据 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是可逆反应的观点,氯水中一定存在 Cl_2 分子;依据 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是不可逆反应的观点,氯水中怎么可能含有 Cl_2 分子呢?

2.2.3 应用于高考试题的分析

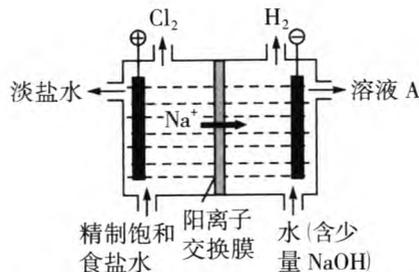
例 1 2010 年普通高等学校夏季招生考试理科综合能力测试化学试题(全国卷 II 第 13 题):在相同条件下,下列说法错误的是()

A. 氯气在饱和食盐水中的溶解度小于在纯水中的溶解度

B、C、D 略 [6]。

解答: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$, 在饱和食盐水中, Cl^- 浓度较大,故氯气在饱和食盐水中的溶解度小于纯水中的溶解度。

例 2 2011 年普通高等学校夏季招生全国统一考试理科综合能力测试化学试题(北京卷第 26 题):氯碱工业中电解饱和食盐水的原理示意图如下。



(1) 略; (2) 略; (3) 电解时用盐酸控制阳极区溶液的 pH 在 2~3。用化学平衡移动原理解释盐酸的作用_____。

解答: Cl_2 与水反应: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$, 增大 HCl 的浓度使平衡逆向移动,减少 Cl_2 在水中的溶解,有利于 Cl_2 的逸出 [7]。

上述两道高考试题的正确回答都离不开 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是可逆反应的观点。如果教师接受了 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是不可逆反应的教材观点,我们怎能企望学生会考场里用 Cl_2 与 H_2O 的歧化反应是可逆反应的思想来分析问题并解决问题呢?

教材在很大程度上决定了教师的教与学生的学,对教学质量的提高起着关键作用 [8]。实现教材的高质量与多样化,是基础教育课程改革的目标之一。对于高中化学教材编写与出版来说,不论是人教版教材还是鲁科版、苏教版教材,我们都希望出版社能投入必要的人力物力收集教材使用者的意见,并根据合理建议适时对教材进行必要的修改与完善,以积极的态度来满足读者的诉求,用实际行动促进教材质量的提高。

参考文献:

- [1] 王晶,郑长龙主编.义务教育教科书·化学(九年级上册)[M].北京:人民教育出版社,2012:97.
- [2] 宋心琦主编.普通高中课程标准实验教科书·化学反应原理(选修)[M].北京:人民教育出版社,2007:28.

洗发液中常用的去屑剂 ZPT *

魏植槐, 顾秀秀, 王明召 **
(北京师范大学化学学院, 北京 100875)

摘要: 结合配合物的形成与分解等高中化学知识, 以及三羧酸循环等高中生物学知识, 介绍了常用去屑剂 ZPT 去屑的化学原理、应用历史及其发展前景, 可供一线高中化学和生物学教师在教学实践中使用, 以期在一级学科平台上帮助高中生拓展视野。

关键词: 高中化学; 去屑剂 ZPT; 去屑原理; 知识介绍

文章编号: 1005-6629(2015)2-0094-03

中图分类号: G633.8

文献标识码: B

在经历日化产品的“二恶烷”风波后, 又一个新的化学名词开始进入人们的视野: ZPT, 学名吡啶硫酮锌, 也称吡硫鎓锌, 分子式 $C_{10}H_8N_2O_2S_2Zn$, 常用于去屑洗发产品中。目前, 科学家对 ZPT 的去屑原理已经有所了解, 这些原理既涉及配合物的形成与分解等高中化学知识, 以及三羧酸循环等高中生物学知识, 又涉及原子簇、金属离子的生物学效应、反应过程的中间体等现代化学内容, 是优质的高中化学扩展性素材。我们的工作是从中选取具有明确科学意义, 同时又具有显著基础教育价值的核心内容, 并以适合高中生认知特点的形式呈现出来。通过选修课学习, 学生深入进行文献调研, 梳理相关内容, 设计, 写作, 经反复雕琢, 最终创作出这篇作品。这个过程使修课学生能力得到培养, 而课程的作品又为高中化学提供了反映现代化学特点的教学材料, 供一线教师用于拓展高中生的视野。

市面上所售洗发液主要指以表面活性剂复配而成的, 具有清洁人的头皮和头发, 并保持其美观作用的产品。由于很多人都有头屑困扰, 有一类洗发液中添加了去屑成分, 称为去屑洗发液。ZPT 是

一种常用的去屑剂, 已经有 60 多年的应用历史。ZPT 为什么可以去屑? 这需要从头屑的产生说起。

1 头屑是怎样产生的

头屑实际上是头皮细胞角质化而脱落的块状鳞片, 其成因至今还不十分清楚。目前认为, 至少马拉色菌、皮脂和个体易感性这 3 个因素可导致头屑生成^[1]。其中, 马拉色菌是一类真菌, 它能分解皮脂, 导致角质形成细胞形态学改变和细胞凋亡^[2], 使得角质层细胞以白色或灰色鳞屑的形式异常脱落, 形成头屑。由于马拉色菌是现阶段最容易控制的因素, 通过控制它的数量来控制头屑是一种有效的方法^[3]。

2 什么是 ZPT

ZPT 是吡啶硫酮锌(Zinc Pyrithione)的缩写^[4], 即二(N-氧化吡啶-2-硫醇负离子)合锌^[5], 也有 N-氧化-2-巯基吡啶锌盐^[6]等名称, 是 N-氧化-2-巯基吡啶(PT)作为配体与锌离子配位所形成的配合物, 结构如图 1 左部所示^[7-9]。在溶液中, 它易分解, 形成配体和锌离子^[10](见图 1)。ZPT 具有很强的抗菌能力, 能够有效地杀死产生头皮屑的真菌, 具有很好的去屑功能, 因而早就应用于洗

* 资助项目: 国家级精品资源共享课建设项目(102-135003), 国家级精品课程建设项目(102-105101), 北京市精品课程建设项目(102-105815), 北京师范大学教学建设与改革项目(12-07-05)。

** 通讯联系人, E-mail: wang-mzo@bnu.edu.cn

[3][4] 北京师范大学等校编. 无机化学(下册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003: 457.

[5] 郑长龙主编. 化学实验课程与教学论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009: 6.

[6] 任志鸿主编. 十年高考分类解析与应试策略(2001~

2010): 化学[M]. 海口: 南方出版社, 2010: 52.

[7] 任志鸿主编. 十年高考分类解析与应试策略(2002~2011): 化学[M]. 海口: 南方出版社, 2011: 38.

[8] 钟启泉, 崔允灏, 张华主编. 《基础教育课程改革纲要(试行)》解读[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2001: 192.