•科普•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202007032

www.dxhx.pku.edu.cn

奇妙缤纷“铬舞会”

戴玮璇[§], 张来英^{*}, 朱亚先^{*}

厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

摘要: 通过拟人化舞会场景的设置, 介绍铬及其化合物的相关性质和应用。**关键词:** 铬; 性质; 应用**中图分类号:** G64; O6

Chrome's Wonderful Party

Weixuan Dai [§], Laiying Zhang ^{*}, Yaxian Zhu ^{*}

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

Abstract: Through the setting of anthropomorphic dance scene, the properties and applications of chromium and its compounds are introduced.**Key Words:** Chromium; Property; Application

有人轻轻拍了拍他的肩膀。

他转过头, 映入眼帘的是一座堂皇富丽的大厅。

“这里是铬国王与王后举办的舞会现场, 先生。”拍他肩膀的人提醒道, “舞会就要开始了。”

1 序曲

“铬?”他打量着四周, 这才发现大厅帷幔莫名的熟悉, 有些像老师课上讲过的卢瑟福提出的原子结构模型。他数了数, 24 个小行星绕着一个中心缓缓运动着。

一位有着银白色眼睛和头发的少女走过来: “我是 24 号元素铬, 住在元素王国第 4 周期、VIB 族。”

她轻轻提起银白色的波浪般的裙摆, 向他行了一个屈膝礼: “请允许我带您参加这一场舞会吧。”

“1797 年法国化学家沃克兰在西伯利亚红铅矿中发现了我们。”她悠悠地转了一圈, “1798 年, 他给我们命名为铬, 来自希腊语, 意为颜色。”

他有点困惑: “颜色? 可是你们好像只有一种颜色……”他看向大厅中站着的铬小姐们——那实在很好认, 她们都穿着美丽的银白色的礼服。

少女回答道: “先生莫急, 等参加完舞会, 您自然就会明白了。”

正说着, 人群鼓起掌来, 原来是铬国王与王后来到了大厅。国王举起银白色的权杖, 在透明的

收稿: 2020-07-10; 录用: 2020-07-23; 网络发表: 2020-08-12

^{*}通讯作者, Email: wuzhly@xmu.edu.cn; yaxian@xmu.edu.cn

[§]2017 级本科生

基金资助: 国家基础科学人才培养基金项目(J1310024); 2017 年厦门大学教学改革研究项目(JG20170222)

地面上划下一个个巨大而神秘的图案：“我宣布，舞会开始！”

他蹲下来摸了摸地面，惊讶道：“地面是玻璃，铬这么容易就能在玻璃上画画吗？”

“那当然了！”少女骄傲地说道，“我们可是世界上最硬的金属！你知道莫氏硬度吗？我们有8.5哦！因此，本小姐经常被镀在其他金属的表面作为保护层呢！”

侍从补充道：“铬小姐的用途可广泛啦。由于她机械强度好，且有抗腐蚀性能，钢铁合金中常有她的身影。比如您日常生活中经常用到的不锈钢，有很好的耐热性、耐磨性和耐腐蚀性，这其中铬小姐的贡献可不小哦！她在不锈钢中的含量可达20%左右呢^[1]。还有，您生活中经常见到的光亮的物体，比如门把手，就是镀铬层哦……”

2 色彩缤纷

四下响起了悠扬的乐曲声，铬小姐挽着有不同浓度的酸先生、碱先生等众多化学界名流，随着乐声的节拍跳起探戈。突然间一个转身，她们的裙子全都变了颜色！有深邃的灰蓝色、类似潮水的灰绿色、像天空的蓝绿色，还有亮绿色、紫色、橙红色、柠檬黄色……像是无数道交织在一起的彩虹，缤纷而绚丽，直叫他眼花缭乱。

他挠挠头，羞赧而不解道：“我一直以为金属的颜色就是银白色，很单调，没想到色彩这么丰富。”

默默跟在他身后的侍从说：“铬是副族元素， d 轨道上的电子未充满，二价铬、三价铬离子的电子吸收可见光发生 $d-d$ 跃迁，呈现蓝色、绿色等不同的颜色；虽然六价铬没有 d 电子，但有效核电荷大，可以发生荷移跃迁，呈现黄色、橙色。”

看着满脸惊奇的他，少女指着身着五彩裙子的铬离子小姐们，问道：“猜猜看，这几位姐姐是几价铬？”

“二价？三价？”他猜道。

“我们都是三价铬哦。”铬小姐们笑开了，“神奇吧！我们和不同离子一起，会显现出不同的颜色哦。硫酸铬是红棕色的，硝酸铬是绿色的，氯化铬是紫色的^[1]……”

少女看着他听得入神：“还有啊，三价铬盐和水姐姐是好朋友，她们和水姐姐一起时色彩缤纷。比如，硫酸铬小姐独舞时穿的是棕红色的裙子，和六个水姐姐一起时呈现出美丽的绿色，如果拉上十八个水姐姐就变成漂亮的紫色啦^[2]……”

“好神奇！”

他的眼睛又被铬小姐们佩戴的饰品深深地吸引了，祖母绿、翡翠、翠榴石、沙弗莱石、碧玺、红宝石……光彩夺目。

铬小姐被他看得有点不好意思，说不出话来。

红宝石说：“我们原本是无色透明的，美丽的铬姐姐的到来才带给我们这么鲜亮的迷人色彩。”

“这是因为舞伴们的性格、结构不同，带来的能量差不同，铬小姐电子跃迁吸收的能量不同，呈现的互补色就不一样啦。”少女补充道。

“咦，”他似乎又发现了新大陆，“怎么有几位铬小姐的裙子好像没有变颜色？和她们跳舞的是谁？”

“那几位是浓硫酸、浓硝酸和王水先生。”侍从轻声说道，“铬小姐和这类强氧化性酸在室温下不会发生明显的反应，这种现象叫做铬的钝化。”

还没等他回过神来，大厅中央出现了一位亭亭玉立、穿着红色长裙的三氧化铬小姐，舞台一侧走来了穿着白色礼服的氢氧化钠先生，另一边水姐姐也朝大厅缓步走来。

三人手一拉，现场沸腾了起来。红色的长裙染上了斑斑点点的橙色和黄色，渐渐地，色块越来越大，变成黄色，裙边甚至缭绕着棕黄色缥缈的雾气。

他看得云里雾里，不得其解。

侍从小声解说道：“三氧化铬小姐有强氧化性，是一种酸性氧化物，和氢氧化钠先生在一起，只要遇上一点水，就会发生剧烈的反应，同时放出很多热量，使得部分三氧化铬小姐升华成一种棕黄色的气体^[1-3]。”

就在这时，身着绿色和棕黑色礼服的二位妹妹从他们身边走过。

“这位是？”

“是三氧化二铬和二氧化铬姐妹。”侍从低声告诉他。

“三氧化二铬又叫铬绿，常被作为绿色颜料，具有酸碱两性。二氧化铬是三氧化铬分解为氧化铬的中间产物，是铬家族的第三种主要氧化物，具有金属的电导率。她的铁磁性质使它在磁带和录像带的制造业中占有重要地位，据说比用铁氧化物制造的磁带分辨率和高频响应更好呢^[1-4]。”少女耐心地介绍道。

3 舞会的主角

一位穿橙红色套裙的小姐姗姗来迟。

“这位是铬家族的掌门大小姐——重铬酸钾，大家叫她‘红矾’姐。”侍从适时地告诉他。

“各位，抱歉，我来迟了，一位酒后驾车的帅哥把我给耽搁了……”红矾姐向大家招了招手。

少女看出了他心中的不解：“红矾姐个性刚强，她能将乙醇氧化成乙酸，颜色由橙色变绿色，改变十分明显。人类用她的这一特性来判断司机是否酒后驾车。”

“噢，原来如此。”

“红矾姐旗下的公司做跨国贸易，产品主要分为两大类：铬酸盐与重铬酸盐，被广泛应用于基准物质、颜料等，油漆、油墨、橡胶与陶瓷也都有她们的身影，产品遍布世界各地呢！”

“下面由红矾姐给大家表演她的拿手好戏。”主持人说道。

只见红矾姐施施然来到舞台中央，牵起氢氧化钠先生的手，伴着节拍轻轻旋转，她的橙红色的裙子变成了黄色；一曲罢，她交换了一位舞伴，与酸先生共舞，翩然舞动中，飘飞的裙裾又恢复成了橙红色。

“这是六价铬在不同介质的奇妙存在形式。”少女在纸上写下了方程式：

一曲终了，人群围成一圈，一位和红矾姐穿着同样橙红色裙子的少女，将为大家表演一个“火山爆发”的小魔术。只见她将喷灯对准自己的裙摆的一角，开始把它点燃。

“哇！”他惊叫道。

少女微笑着说道：“那是重铬酸铵——红矾姐的妹妹。注意看，奇迹就要发生了！”

只见她漂亮的裙子，从下摆开始燃烧起来，嘶嘶作响，暗绿色的固体从燃烧处被气体冲起来，像火山爆发一样，源源不断地洒落并覆盖在裙摆上。

他惊奇地拍起了手。

“这表现了重铬酸盐的不稳定性，六价铬直接氧化铵根离子，生成绿色的三氧化二铬固体和氮气。”少女解释着并写下了反应的方程式：

他挠了挠耳朵：“想起来了，老师上课时有讲过……”

圆舞曲又响起来，铬小姐们再次与舞伴跳起舞来，舞会现场五颜六色，不断变幻着——橙红、橙黄、黄、黄绿、绿、蓝绿、蓝、紫……

4 水中芭蕾

“我领你去水下舞场看看吧！”于是，他们钻进一个透明的泡泡，游走在水中。

只见双氧水款款而至，乙醚先生也快步走来，硫酸先生请来了红矾姐，四个人手拉手跳起了水

中芭蕾。乙醚先生体态轻盈，浮在水上像铺了一层无色透明的水毯，红矾姐和双氧水钻了进去，就像被施了魔法似的，无色透明的毯子一下子变成了蓝宝石色。

而他们刚刚经过的水相却变成了灰绿色，还不停地冒着气泡。他们在气泡的推动下摇曳着，更像是一个个舞动的小天鹅。

他被深深地吸引了。

少女道：“重铬酸钾和过氧化氢在酸性环境中发生过氧链转移，生成了宝蓝色的过氧化铬。过氧化铬虽然美丽，但是性格暴躁，只有乙醚、戊醇先生等有机溶剂可以使她安静下来。”

“可是，为什么水中是灰绿色的呢？气泡又是什么呢？”

“过氧化铬不喜欢水先生，在水中就会大发脾气，把双氧水的电子抢过来，生成三价铬离子与氧气。”

“可是，美丽的红矾姐不见了。”他遗憾地说。

这时，氢氧化钠先生走过来，“莫急，莫急！”他转身跃入水中，拉起了三价铬离子与双氧水，说变就变，灰绿色的溶液转变为黄色。

“你看，双氧水也不示弱，在氢氧化钠先生帮助下，又把电子夺回来了，铬又回到六价喽。现在考考你，下一步如何把红矾姐重新请出来？”

他脑子里浮现出刚才红矾姐的表演，“看我的！”他一边说着一边游过去，把氢氧化钠先生推上岸，然后跃起来把酸先生拉下水，于是，红矾姐笑盈盈地又回来了。

“我能试着和红矾姐一起跳舞吗？”

“恐怕不行。”少女道。

载着他们的气泡慢悠悠地上升，带他们走出了水下会场。

5 亦正亦邪

走出水下会场，他们拐入一条长长的走廊。走廊两边的墙壁上，是截然不同、格格不入的两幅画面。左边是人类从出生到成长，神采奕奕，飞禽走兽自由自在，生机勃勃；而右边，则是成吨的废水、废渣倾倒，污染了水源，大批牛羊死亡，人们居住的村庄也变成了“癌症村”，触目惊心。

“这是……？”他问道。

少女指了指左边的画，脸上露出了笑容：“三价铬也是铬最稳定的氧化态，不易被胃肠道吸收，在皮肤表层与蛋白质结合为稳定络合物，毒性不大。而且，三价铬与人类的健康密切相关，还是人体所必需的微量元素呢，参与脂类和糖代谢，是葡萄糖耐量因子的组成部分，能够增强胰岛素的作用；又能影响机体的脂质代谢，降低血中胆固醇和甘油三酯的含量^[4,5]。”

转过身，少女的脸阴沉了下来：“六价铬化合物就普遍具有较高的毒性，毒性高于三价铬百倍，对环境有持久危险性。六价铬在红细胞内被还原为三价铬，使谷胱甘肽还原酶活性受到抑制，血红蛋白变性影响氧运输，超标可破坏人体的血液；接触会导致多种细胞损伤、皮肤过敏；更可能造成遗传性基因缺陷；吸入可能致癌；而且六价铬又易被吸收并在体内蓄积^[4,5]。”

少女意味深长地说道：“这就是铬的两面性，是一把锋利的双刃剑。所以，刚才我不让您与她们跳舞。”

“人类为什么制造那么多含铬的废水和废渣呢？”

“那是因为铬的用途广泛啊。”少女得意地继续说。

“铬的光泽度好，抗腐蚀性强，硬度大，熔、沸点都非常高，极耐磨损，广泛用作电镀保护涂层。它的化合物也应用在我们生活的方方面面：氧化铬是铬绿，铬酸铅叫铬黄，作为颜料人们已经使用了很多年；铬氧化物的铁磁性质使它在记录磁带制造业占有重要地位；重铬酸钾和重铬酸钠既用来制备铬酐、其他铬盐和铬黄颜料，也用于制造安全火柴、烟火、炸药、油脂漂白剂等；而铬钾矾则广泛用于皮革鞣制和染色。”

侍从看着展现铬污染的那一面墙壁，喃喃道：“早年间啊，铬污染事件时有发生。污染源主要来自生产加工含铬化合物时排放的铬渣，金属电镀、皮革鞣制、印染等生产也会排放出大量含六价铬的废物。若不好好处理，就会发生这样惨痛的事件，无数生命都会受到不可逆的伤害啊。”

“好在近些年来，六价铬的污染治理已经有很多方法，如化学法，包括化学沉淀法——通过氧化还原、离子置换、络合反应等反应使水体中的铬产生沉淀而去除；氧化还原法——通过投加还原性试剂将六价铬还原成三价铬，再控制 pH 沉淀，加热制备出铬绿；铁氧体法——使铬离子形成铁氧体沉淀析出等；又或者是利用离子交换法，根据废料中铬的存在形式，利用相应的阴阳离子交换剂对铬进行离子交换^[5]。这样既处理了铬污染，又得到了有用的物质，变废为宝，使铬更好地在生活中发挥它的长处，展现它的光芒。”

少女接过话头：“是呀，铬小姐正和人类友好合作，富铬酵母(铬酵母)的开发利用就是一个很好的例子。铬酵母可以指导糖尿病患者合理摄取铬微量元素，是目前最安全、最有效的方法。”

说着说着，他们又转回到了舞会大厅。

三价铬小姐和三个吡啶甲酸正在一起舞蹈，形成了玫瑰红色结晶状的吡啶甲酸铬。

“吡啶甲酸铬是稳定的络合物，是脂溶性的，可顺利通过细胞膜直接作用于组织细胞，是动物的好朋友，很容易被动物吸收哦。她可调节血糖，增强胰岛素活性，改善人体糖代谢，从而预防和改善糖尿病乏力、多尿、口渴等症状，可防止糖尿病合并症的产生呢^[6]。”

少女真是位博学多才的神奇女神。

舞会结束了，各种神奇变幻吸引着他的眼睛，但其中隐含的知识更是牵动了他的心……

参 考 文 献

- [1] 宋天佑. 无机化学教程. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [2] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 北京: 科学出版社, 2010.
- [3] 王大全. 精细化工辞典. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [4] 宋天佑, 徐家宁, 程功臻. 无机化学(下册). 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [5] 李爱琴, 唐宏建, 王阳峰. 中国环境管理干部学院学报, **2006**, 16 (1), 74.
- [6] 乔煦玮, 吴玥霖, 曾凡骏. 食品工业, **2011**, 32 (1), 85.