

•科普•

doi: 10.3866/PKU.DXHX202004030

www.dxhx.pku.edu.cn

钠的宅邸

郑丰瑜[§], 朱亚先^{*}

厦门大学化学化工学院, 福建 厦门 361005

摘要: 将钠元素的各种性质具象化为各个“展区”, 通过拟人化的故事讲述钠元素及其化合物的相关性质与用途。

关键词: 钠; 性质; 应用

中图分类号: G64; O6

The Mansion of Sodium

Fengyu Zheng [§], Yaxian Zhu ^{*}

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

Abstract: In this paper, we visualize the various properties of sodium into each “exhibition area”. And we introduce the property and application of sodium by the anthropomorphically story.

Key Words: Sodium; Chemical property; Application

第一主族元素联合王国的建筑是很神奇的, 这些奇怪的贵族们都喜欢把自己的封地建造得各具特色, 今天拿到了钠的特别邀请, 准备进入这神秘的官邸一探究竟。倾听钠元素怎么讲述自己的故事。

1 宅邸大堂

进入宅邸首先映入眼帘的是各种具有金属质感的名画、碑文和一些柔软的银白色装饰物, 整个大堂焕发着一种悠久的历史感。

等我适应了大堂的光线, 顿时神色大乱, 因为这个建筑完全沉没在煤油之中。要不是我身处气泡之中, 后果不堪设想。

“欢迎您, 阁下!”

说话的是一位与周围环境几乎融为一体的贵族, 他风度翩翩, 浑身银白色, 正在用一把小刀切割那些和他一样材质的银白色花朵。

“这块送给阁下, 算是见面礼, 记得戴上手套, 不然你的手会被灼伤的。”

我在惊愕之余, 慌忙把这块钠拿进我的气泡, 可是定睛一看, 花朵状钠迅速失去了银白色的光泽变成暗灰色。我为自己失去了一块如此精致的单质钠而懊悔不已!

“阁下不必难过, 请随我来。”

钠子爵笑着摆了摆手, 随后他优雅地指向了一块石碑, 上面镌刻着碑文:

收稿: 2020-04-07; 录用: 2020-04-09; 网络发表: 2020-06-05

^{*}通讯作者, Email: 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)

钠：密度比水小， $0.968\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，熔点 370.8 K ，沸点 1165 K [1]……

发现者：(Humphry Davy, 1778–1829)，英国化学家

发现时间：1807 年

“英国化学家戴维先生利用电解法发现了隐匿在化合物中的我。”

“愿得其详？”我追问道。

“1807 年，英国化学家戴维爵士试图用电解的方法制备金属。他尝试电解氢氧化钾的饱和溶液，结果却和电解水无异，只得到氢气和氧气。通过分析总结，他改为电解熔融的氢氧化钾，这一次在阴极上出现了具有金属光泽的小珠，这些便是我们的兄弟——钾。几天之后，戴维爵士如法炮制，电解熔融的碳酸钠，便唤醒了我——钠。”钠子爵讲起自己的故事兴奋极了，它银白的身躯在大厅的灯光下熠熠生辉。

富丽堂皇的大堂中央挂着一幅精致的电子排布图(图 1)。

“阁下，这幅图是名流之作！我们碱金属原子的价电子构型都是 ns^1 ，我是第三周期第一主族，最外层为 $3s^1$ 。在反应中极易失去一个电子而呈现出 +1 价 [1]。”钠子爵一边说一边时不时地用银白色的手杖对着那幅图指指点点。

我抢着说：“你们建造一个被煤油包裹的领地，就是因为化学性质都太过于活泼！”我同时想起了无机化学课本上说到的“因为碱金属电离能小，铯等活泼金属常用来制造光电管 [1]”。

“是啊，我们也没有致密的氧化物薄膜来保护自己，为了维持光鲜亮丽的银白色形态，就不得不躲在煤油中。空气中的氧气会让我们失去尊贵的银白色身躯，变成暗淡的氧化钠；水分子和二氧化碳也会跑来凑热闹，我们就会变成苍白的氢氧化钠和碳酸钠。”

“阁下，这边请。”他带着我来到了楼梯口。

2 纪念馆

我们慢慢走上楼梯，二楼的气氛有些压抑。这时，空气泡的黄灯开始不停地闪耀，这是在提醒我氧气快用完了。

“阁下不必担心，我们虽然不喜欢氧气，但是我们可有的是氧气。”

钠子爵掏出了一些淡黄色的粉末和一瓶水：“阁下不妨试试这个。”

“过氧化钠？”我将淡黄色的粉末放进水中，很快便产生出大量的氧气泡，我顿时感觉呼吸轻松了。

钠子爵缓缓地说道：“纯的过氧化钠是白色的，但是往往会因其中含有超氧化钠而变为淡黄色 [1]。”

接着，他的脸上露出了笑容：“我们钠可以和氧气形成多种氧化物，平常放置在空气中会形成白色的氧化钠，在氧气中燃烧或者将氧气通入熔融的钠中会形成过氧化钠，将氧气通入钠的液氨溶液会形成超氧化钠 [1]”

我的心中掠过一丝惊讶，既然他们这么讨厌氧气，为什么会对这些化合物了如指掌？难不成这些身为贵族的钠进行了什么秘密研究？

我正想着，钠子爵自己先开口了：“这些知识是我们早期和氧气战斗时留下的宝贵资料，资料被保存在二楼。”

原来这里是钠的战争纪念馆！

走过氧气战斗区，二楼走廊的尽头有一个密封的门。门开后，映入我眼帘的竟然是水！

“这里是水展厅，阁下。”钠一边说，一边穿上厚厚的防护服。

“曾经有人在夸赞锂时说我们很暴躁，见到水就会打上一架 [2]。”钠的神情有些激动，“可他们并不知道，那才是最能体现我们英勇的时刻！”

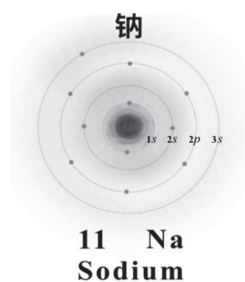


图 1 钠的电子排布图

我有些迷惑了，钠与水反应最后生成氢氧化钠……怎么就英勇了呢？

“我们与水的战争十分惨烈，双方都付出了巨大牺牲，我们的战士们漂浮在水面上，迅速熔化成一个小球，四处游动，发出嘶嘶的声音，将水的质子夺出并放出氢气，最后，那些伟大的牺牲者变成了氢氧化钠。”

“氢氧化钠，我知道！”我迫不及待地：“氢氧化钠是重要的基本化工原料，利用氢氧化钠跟油脂的反应制取肥皂；在纺织、印染工业上用来清除纤维表面的油脂，电镀时用来清洗金属表面的油污，石油炼制中用来中和酸，造纸工业用来制造纸浆^[3]。20 °C，1 L 水中可以溶解 1110 g 氢氧化钠^[4]。”

“不过，工业上氢氧化钠可不是这样制备的哦！工业上人们主要使用电解饱和氯化钠溶液的方法来生产氢氧化钠，也有少部分利用氢氧化钙(石灰乳)和碳酸钠反应制备氢氧化钠。”

他说这话的时候无比自豪，一改刚才的贵族口气与态度。

“最后一个不相信钠元素勇敢的心和伟大谋略的家伙是乙醇。”

钠指着一幅名为“钠与乙醇反应”的画说道：“乙醇认为换了相对温和的条件，就可以诱骗我们，然而最后依然被我们从它的羟基中夺走氢离子，被我们钠变成乙醇钠，只剩氢气落荒而逃。”我彻底被这段故事震撼到了。

3 密室

纪念馆展厅的尽头有一扇门，门里散发出了蓝色的光芒，渗出丝丝冷意。

“蓝色？是低温液氮？”我好奇地问道。

“是钠的液氨溶液，阁下。”钠子爵顿了顿，打开了门，我便看到了十分美丽的蓝色溶液。

“碱金属都有这种特性，均能溶于液氨，形成具有导电性的蓝色溶液，您看到的蓝色是氨合电子的颜色，因为电子跃迁带来的。4-6 个氨分子聚合在一起形成了一个空穴，电子就处于空穴的中心^[1]。”

“这种溶液是一种低温下的强还原物质，这种蓝色应该不会持续太久吧？”我怀疑地问道。

钠点了点头。“确实，会缓慢反应生成氨基化钠和氢气^[1]。”

我和钠子爵边走边聊，不知不觉光线暗了下来。继续往前走，我看到一个晶体模型在闪闪发光。

“这是氯化钠，也就是食盐。欣赏一下吧，阁下，这绮丽的立方体！”

一束光打在模型上，展厅中升起了奇幻的光芒，排成点阵的透明氯化钠晶体模型随着光线转动着。

“氯化钠属于面心立方晶格，每一个钠离子周围都有 6 个氯离子、每一个氯离子周围都有 6 个钠离子，对于每一个小单元，*a*、*b*、*c* 三边都长 0.5620 nm，三个夹角都呈 90°^[5]。”钠子爵说道。

“子爵先生，那个模型看上去有点不一样啊。”我注意到在氯化钠模型旁边，还有一个黄色模型，看上去象征着“钠”的圆球稍多一些。

“阁下这个问题问得好！”钠拍了拍手。

“把氯化钠在金属钠蒸气中加热后，就会呈现黄色，这是非整比化合物。钠进入晶体，形成氯离子空位，在一定波长会产生吸收，就有一定的颜色。”

钠突然神秘一笑：“我们还可以把氯离子换成氢负离子。”

“氢化钠！”我反应过来了：“氢化钠是有机合成里常用的强碱！而且遇水还会剧烈水解放出氢气！”

“阁下不必紧张，这里没有水，不是吗？”钠笑出来了。

“阁下这边请，我们去参观钠盐。”我随钠子爵来到了房间的另一侧。

好多啊！生活中一些常用的钠盐都陈列在这里：可以作为膨松剂和食品添加剂的碳酸氢钠、可以作为洗涤剂和酯类加工的碳酸钠、治疗氰化物中毒还可以缓解皮肤瘙痒的硫代硫酸钠、有机化学中的常用还原剂硼氢化钠……

我眉头一皱，似乎没有看到不可溶的钠盐：“钠子爵，贵府没有不可溶的无机钠盐吗？”

钠哈哈大笑。“当然有！铋酸钠就不溶于水！除了铋酸钠，那些由大阴离子和钠离子组成的盐也有难溶者，像六羟基铋酸钠、乙酸铋酰锌钠，也是难溶的钠盐哦。”

4 露台和三楼

二楼的最后一个房间是直通这个城堡露台的。我留意到这个地方有很多巨大的照明灯，这里的灯光都是金白色的。

“阁下，我非常荣幸地向您介绍高压钠灯。”钠说道。

“高压钠灯内部充有钠汞齐，在通电时阴极发射的电子在向阳极运动过程中，撞击放电物质的原子，使其获得能量产生电离或激发，然后由激发态回到基态。”

“那有什么优点呢？”我追问道。

“高压钠灯光效高、寿命长、不锈虫，不易使被照物褪色。高压钠灯可广泛地应用于普通照明的各个角落，逐步地取代相对而言耗能大的荧光高压汞灯。最近开发出来的颜色改善型和高显色型高压钠灯可代替白炽灯，获得极大的节能效果^[6]。”钠很是自豪。

“阁下，真正的好戏在三楼，请吧！”钠脸上洋溢着掩饰不住的喜悦。

三楼的展厅布置得金碧辉煌，而且最富有现代化气息。

“阁下，想必您知道锂离子电池吧？”在能源展区门口，钠突然冒出了这样一句话，让我有些摸不着头脑。

“当然了，2019年的诺贝尔化学奖就是授予锂离子电池研究呢！”

钠子爵嘴角微微上扬，只见他一举手杖，能源展区的大门缓缓打开，“现在本人将隆重为阁下介绍钠离子电池。”

“哦？！”我顿时也感到很兴奋。

“没错！阁下，锂离子电池的大规模生产必将导致锂资源的告急。而钠离子电池的研究在一定程度上可以缓解因锂资源短缺而引起的电池发展受限问题^[7]。”

“钠资源比锂资源确实丰富的多啊！如果真能研发出性能优良、安全稳定的材料，钠离子电池一定会比锂离子电池更加具有市场竞争力。”

“阁下说的深得我意！请进入我们的魔幻空间。”话音刚落，我已经置身于网状的模拟电池电极中，平日中的微纳尺度材料变得非常方便观察。

这时空间中响起了钠的声音：“阁下已经置身于我们的全仿真系统，下面您可以边体验、边提问。”

“好啊！子爵先生，请您介绍一下贵电池的优点吧。”

“资源丰富、成本廉价、电解质选择范围广，安全性也很好^[7]。”

“使用什么电极材料？”我追问道。

“一般的正极材料有金属氧化物、磷酸盐和氟磷酸盐；负极材料有石墨碳基、钛氧化物基、一些金属单质以及金属化合物。至于电解质，一般多为有机溶剂，如酯类和醚类^[8]。”

“目前限制发展的问题是为什么呢？”我十分期待钠离子电池普及使用的那一天。

钠子爵顿了顿说道：“因为我们的相对原子质量比较大，导致钠离子电池的比容偏小；而且钠的离子半径比锂的要大，也使钠在充放电中嵌入和脱出比较困难^[7]。另外相比于嵌锂材料，嵌钠材料的容量和结构稳定性都较差，且构建全电池的比能量也较低^[9]。”

“哦，不过，相信有一天会成功的！”我望着眼前模型中忙碌的钠离子，向他们竖起了大拇指。

“承阁下的吉言，希望钠离子电池早日取得更大突破。”钠子爵说道。

5 尖顶

离开了三楼高科技展区，我们来到了整个城堡的最高处，从这里可以看到远方有一处没有煤油

的地方在燃放焰火。

“子爵先生是带我看钠盐的焰色反应吗？是黄色的，我早就知道了。”

“不，我们到这里参观的重点是脊椎动物的神经系统。”钠指着玻璃罩里面的模型说。

“脊椎动物的神经电位分为静息电位和动作电位。这二者的转化非常依赖钠离子。”

“静息电位时，膜内电位低于膜外电位，当受到外来刺激时，被刺激处膜内电位高于膜外电位；这样就形成了动作电位^[10]。”说罢，钠子爵便开始操控模型。

“阁下请看，神经纤维膜上有两种通道，一种是为我们准备的钠离子通道，还有一种是钾离子通道，当受到刺激时，钠离子通道开放，于是膜外的钠离子就会涌入膜内，造成内正外负的反极化现象。但是很快钠离子通道就关闭了，钾离子通道开启，钾离子流向膜外，电位就恢复到静息电位状态的正常情况，临近刺激的部位和刺激部位之间形成局部电流，这就是动作电位的传递^[10]。”随着钠子爵的操作，电信号就在模拟的细胞间传递。

“钠离子在人类的身体里是细胞外液最主要的阳离子，也是体液中交换最快的阳离子，这非常依赖于钠钾泵的功能。”钠从控制台上跳下来，走向了另一个模型。

“阁下，这是钠钾泵模型。该泵是一个P型离子泵，每次通过主动运输运出三个单位的钠离子，运进两个单位的钾离子，消耗一个单位的ATP(腺嘌呤核苷三磷酸)^[11]。”

我点了点头，“钠离子的生理功能太重要了！”

“是啊，钠离子在调节细胞渗透压、转运葡萄糖和氨基酸等营养物质、参与神经信息的传递、保持血液和肾中的酸碱平衡……等等方面扮演着重要的角色。人体缺钠会感到头晕、乏力，长期缺钠易患心脏病，并可导致低钠综合症。”

“这么看来，如果我们人在剧烈运动后只是单纯地补充水分，或者是为了清淡饮食只吃水煮的菜不放盐，一定是不对的了。”

“当然！大量出汗应该喝淡糖盐水或者运动型饮料。”钠子爵意味深长地继续说。

“但是，还是要提醒阁下，钠的摄入并不是多多益善啊，长期高盐饮食，会带来高血压、心脑血管疾病，甚至增加胃癌、食道癌、膀胱癌发病率。”

一番交谈后，钠把我送到了尖顶的最高处：“从这里上去，阁下就可以回去了。”

“再见，子爵先生！”

我向钠行了贵族礼：“贵宅邸堪称完美的艺术品，如果有幸，我还会再来造访。”

参 考 文 献

- [1] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 北京: 科学出版社, 2010: 1-8.
- [2] 冯天宇, 蔡恬菲, 朱亚先. 大学化学, **2018**, 33 (7), 2.
- [3] 沈鑫甫, 等编. 中学教师实用化学辞典. 北京: 北京科学技术出版社, 2002.
- [4] [2018-05-19]. http://en.m.wikipedia.org/wiki/Sodium_hydroxide.
- [5] Abrahams, S. C.; Bernstein, J. L. *Acta Crystallogr.* **1965**, 18 (5), 926.
- [6] 李桂臣. 高功率因数高低压钠灯电子镇流器的研制[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2006: 5.
- [7] 叶飞鹏, 王莉, 连芳, 何向明, 田光宇, 欧阳明高. 化工进展, **2013**, 32 (10), 1789.
- [8] 向兴德, 卢艳莹, 陈军. 化学学报, **2017**, 75, 155.
- [9] 曹余良. 储能科学与技术. [2020-03-17]. <https://doi.org/10.19799/j.cnki.2095-4239.2020.0026>.
- [10] 吴相钰, 陈守良, 葛明德, 陈阅增. 普通生物学. 北京: 高等教育出版社, 2014.
- [11] Alberts, B.; Johnson, A.; Lewis, J.; Morgan, D.; Raff, M.; Roberts, K.; Walter, P. *Molecular Biology of the Cell*, 6th ed.; Garland Science: New York, USA, 2015; pp. 606-608.