氮氏协会

吴佳霖^{1,†}, 姚奇志^{2,*}

¹ 中国科学技术大学少年班学院, 合肥 230026

² 中国科学技术大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(中国科学技术大学), 合肥 230026

摘要: 氮是常见且分布广泛的元素, 在生产生活中起到重要作用。本文将人类已知的氮原子和化合物归入“氮氏协会”中, 并以氮氏协会会长氮先生的第一人称视角展开全文, 讲述氮先生通过入梦分享的形式, 向一位青年介绍氮氏协会具体情况的故事。旨在让读者对氮元素的历史、分布、单质、化合物有更多了解。

关键词: 氮; 含氮化合物; 化学性质; 化学科普

中图分类号: G64; O6

Nitrogen Association

Jialin Wu^{1,†}, Qizhi Yao^{2,*}

¹ School of the Gifted Young, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China.

² National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (University of Science and Technology of China), School of Chemistry and Materials Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China.

Abstract: Nitrogen is a common and widely distributed element. It plays important roles in the production and life. In this paper, the nitrogen atoms and chemicals known to human beings were integrated into a “Nitrogen Association”, and then the story involving nitrogen families was introduced to a young man in dream by Mr. Nitrogen, President of the Nitrogen Association. The purpose is to let readers know more about the history, distribution, elementary substance and compounds of nitrogen.

Key Words: Nitrogen; Nitrogenous compounds; Chemical property; Science popularization of chemistry

艳阳高照, 我看了看手表, 时针和分针分别指向了数字“10”和“12”。根据情报, 10多天来, 那位怀有科学梦想的运动健儿大华正在训练场撸铁, 好像在为某个比赛做准备。为了认识他, 从前天开始, 我就一直在附近徘徊与等待……看着他一天比一天练得更累, 我有些心疼, 却也知道, 等待的机会很快要出现了。

“哎呀, 不好了, 大华晕过去了!” 有人在喊。队里的医护人员拿出几袋嗅盐, 打开其中一包, 凑到他的鼻子上……我飞奔过去, 进入了他的意识世界……

1 初见氮先生

“请问您是?”

收稿: 2021-04-14; 录用: 2021-05-21; 网络发表: 2021-05-28

[†] 2020 级本科生

*通讯作者, Email: qzyao@ustc.edu.cn

基金资助: 安徽省高等学校省级质量工程重点项目(2018jyxm1021); 中国科学技术大学研究生教育创新计划教学改革研究项目(2020ycjg04); 中国科学技术大学本科质量工程项目(2020xjyxm066, 2020xy1kc011)

“我是氮先生，氮氏协会会长。氮氏协会是由人类已知的含N原子成员组成的协会，不少会员出生在几十亿年前恒星核聚变反应里，年龄最长的三个会员是 ^{13}N 、 ^{14}N 和 ^{15}N ，也即氮的三种同位素，其中 ^{14}N 最为长寿，约占天然氮的99.6%^[1]。本协会于1772年创会，创建者为Daniel Rutherford，与他几乎同时发现氮的还有Carl Wilhelm Scheele和Henry Cavendish。至于我是怎么来的，我也不知道，好像是跟着协会一起产生的。我通晓一切会员的动向，并将他们安排到一个个与其他元素合作的项目小组中……”

“这是哪？”

“这是氮氏协会总部氮城在你梦境里的投影。而连接你与氮城的媒介嘛，就是队医为了刺激你的呼吸系统所使用的嗅盐，主要成分为‘一水合碳酸铵’。”

“好了，氨气已经起作用了，你马上就会醒转，赶快继续训练吧，记得把握好度，可别再晕过去了，我们今晚梦中再见。”

我拿起手中的任务表，在“安排夜间会面”一栏后面打了个勾。作为协会会长，我的主要工作之一，就是与世界各地的人们见面，讲述我们的故事，吸引更多人对氮家族产生探索的热情。

2 深入了解

凌晨3:30，闹钟响了起来，正是梦境投影的好时机，我来到大华的梦中，和他分享协会的情况。

“我们与人类合作密切：1980年美国产量最高的12种化工产品中，四种含有氮^[1]。从成员分布角度看，由于我们的成员不喜欢待在泥土里，因此在地表和土壤里的丰度较低。组织架构上，有两大分会，单质分会和化合物分会，化合物分会下设有两大分区和一个特区。首先介绍一下单质分会。”

2.1 单质分会

“单质分会分布十分广泛，最为常见的是氮气，占大气体积的78.1%^[1]，无臭无毒，难溶于水，由两名成员组成，成员之间联系紧密，难以分开，不爱与其他项目小组发生成员交换，人类把这个性质叫做惰性。”

“不过，在高温高压或者放电时，两位成员都会异常兴奋，与氢气、氧气等交换成员的可能性变得很大。 N_2 小组与人类关系密切，人类的一呼一吸间都有大量氮气小组的进进出出。此外，低温下 N_2 小组们聚集形成的液氮，在食品储存与运输、低温物理学、冷冻治疗等方面大放异彩呢。”

“可是，人类怎样获取氮气呢？”

“工业上，人们常利用分馏液态空气的方式获得氮气，并把它们储存在黑底黄字的钢瓶中。在实验室里，加热分解亚硝酸铵或分解氧化性酸的铵盐来获得氮气则是化学家们常用的方法。”

“除了氮气小组以外，由协会内部成员组成的小组还有 N_3 、 N_4 。”

2.2 向外交友更出彩——化合物分会

“接下来介绍化合物分会。此分会非常庞大，旗下有无机化合物分区、有机化合物分区和配合物特区。由于有机物分区过于庞大，而配合物特区又比较特殊，因此这几天我将主要和你说说无机物分区的情况。”

2.2.1 无机化合物分区

“协会在该分区下设有多个办事处。各办事处下都有大量的项目小组，就从与你频频接触的氨小组所在的碱办事处开始介绍吧。”

2.2.1.1 碱办事处

“首先认识一下氨小组。你是否记得每天进厕所时扑鼻而来的那股‘芬芳’呢，这正是那天刺激你呼吸系统工作的氨小组的‘功劳’。氨小组在与水小组的亲密合作下，会形成使溶液呈碱性的 NH_4^+ 和 OH^- 。合成氨是制造氮肥、制冷剂、炸药的重要原料哦。”

“嗯，说到这，不由得让我想起化学家弗里茨·哈伯。他在实验室里将人工高效合成氨变为现实，而以为之基础的合成氨工业产出的氮肥彻底改变了人类农业的格局，新产出的粮食养活了上亿的人口！”

“我有所耳闻：他由于在合成氨方面的杰出贡献而获得了诺贝尔奖呢。”

“不过，在一战期间，他担任了德国毒气战的科学负责人。各国科学家一致谴责他的做法，他的得奖也遭到不少科学家的反对。唉，真是没想到，那个聪明的年轻人，竟会天真地以为毒气进攻是结束战争的好办法。”

“在工业之外，氨小组对科学发展也做出了巨大的贡献。例如在1934年，正是从 NH_3 对微波吸收现象的观察中，一门新的科学分支——微波光谱学诞生了。”

“碱办事处除了氨小组，还有其他成员吗？”

“当然有！比如联氨小组和羟氨小组。”

“联氨与氨相比，碱性较弱，也是还原剂。人类常用联氨与氧气、过氧化氢和溴化银等的反应性去除锅炉水中的氧气，以减轻对锅炉的腐蚀。”

“联氨(肼)还是一种良好的火箭燃料呢。”

“在火箭燃料选拔大赛上，几个联氨小组上台以后二话不说就冲进燃烧炉里，温度猛地上升，旁边的评委和观众都看呆了；随后的称重环节，更是把众人惊了一跳——体重轻轻的联氨小组竟然放出如此多的热量！在之后的比赛里，联氨更是以其出彩的特性获得评委老师们的一致好评：燃烧产物为小分子，有助于形成高压喷射；常温下为液态，便于储藏运输； N_2H_4 为弱碱，对设备的腐蚀性小……”

“联氨小组的本事，真是大到‘上天’啦！”

“时间关系，只能简要地介绍羟氨小组了。虽说有了氧的加入，但它与前面两个小组仍是有一些相似的，比如弱碱性和一定的还原性。不过，与前两者相比，它不太稳定，需要在 0°C 下保存^[2]。”

“抱歉，协会今晚还有个会要开，先走了，改天再见。”

2.2.1.2 酸办事处

那一晚的谈话引起了大华对氮氏协会的兴趣，他每晚都满怀期待地入睡，希望能在梦中再次见到氮先生。可是一连几天过去了，氮先生都没再次出现。感到失望的他决定自己读书了解。当他翻到含氮酸的章节时，一股神秘的力量突然从书中冲出，将他的意识裹挟而去……一个熟悉的身影正微笑地看着他！

“大华，真是不好意思啊，这几天我们的总部忙着搬迁，事情实在太多，这不，一有空，我就来了。”

“今天主要讲与碱办事处在水中产生‘相反’效果的酸办事处。这次介绍其中的三个小组：硝酸、亚硝酸和叠氮化氢。”

“硝酸进入水中时，氢会选择‘净身出户’，将电子留下，自己则以氢离子的形式活跃在溶液中，使溶液呈酸性。”

“除了酸性，氧化性也是硝酸突出的性质。浓硝酸具有强氧化性，能将金属氧化。当硝酸在水中分布稀疏时，溶液的氧化性降低，还原产物的价态也降低，从 NO_2 、 NO 、 N_2O 变为 N_2 、 NH_4^+ 。不过，如果 HNO_3 小组过于分散，溶液就只显酸性，几乎不显氧化性。”

“对了，说到氧化性，就不得不提到‘王水’，这是由硝酸和盐酸按1:3的体积比组成的‘氧化者小队’。他们感召能力极强，甚至能使Au、Pt这样冷漠、小气、懒惰的硬汉也献出它们的电子：队伍内分工明确，唱红脸夺电子的是硝酸，而氯离子唱白脸，‘拥抱’金属离子。”

“不过，虽然硝酸在氧化性和酸性都表现不俗，但稳定性却不强，在光的刺激下会闹分裂，变成 NO_2 、 H_2O 和 O_2 。为了避免这种不愉快的局面，人类常常让硝酸住在棕色玻璃瓶里，减少光带来的刺激。”

“他们在工业上也有一席之地吧？”

“是的。硝酸在工业生产与科学研究中有重要地位，可以用来制取氮肥、甘油，也可以用来精炼金属。”

“那亚硝酸呢？”

“亚硝酸里的氢也能出走，但电离率没有硝酸那么大。在亚硝酸溶液中，不少氢离子刚从原小组中脱离，就与游离的亚硝酸根形成了新小组。不过，在任意时刻，都有一定数量的氢离子保持着自由状态。”

“与硝酸不同的是，亚硝酸内的一个氧和氢在酸性环境中，容易接受氢离子的邀请，带着一个电子从原小组中离开，与自由质子形成水。而原小组里的氮与氧继续合作，成为带正电荷的 NO^+ 。由于缺少电子，这对新组合具有一定的攻击性，容易抢夺其他小组的电子形成 NO ，这也是酸性条件下亚硝酸具有氧化性的原理。”

“好高深的感觉！”

“这个小组还不怎么稳定，受热时易歧化分解，产生一氧化氮和二氧化氮。因此为了防止亚硝酸的分崩离析，制备时得将 NO 与 NO_2 的混合物通入冰水中哦。”

“哦，得用笔记下来。”

“接下来，认识认识叠氮化氢，氮的氢化物中唯一的酸性物质。这些伙伴啊，对内对外都非常不团结，温度稍微高点，就大吵特吵——产生剧烈爆炸，以后，氢原子们手牵手离开了，而我们协会的会员则在单质分会重新委派下形成氮气小组。”

“酸办事处的三大小组我就介绍到这里。你后天有空吧？那好，下一次分享定在后天吧。拜拜！”

2.2.1.3 盐办事处

结束完今天的训练，大华回到了家。躺在床上，他回想起这两次与氮先生会面的神奇经历，心里充满了兴奋与期待，从包里翻出那天收起来的嗅盐袋，一股熟悉的气味沿着鼻腔冲进了他的脑海……当他睁开眼睛时，发现自己身处路边，路的起点是那栋熟悉的写字楼……

今天，我要去我们协会联合其他元素协会举办的氮盐展览看看。一大早我就开着车出发了。突然，我发现不远处的路边上有个人影。待我驶近些，我才看出，原来是大华。

“大华，你怎么在这呀？哈哈，不出我所料，就知道你小子耐不住性子。来都来了，我带你去氮盐展览看看吧。盐办事处涉及的项目众多，所以我们设立了不同的科室来分管各个小组。路上我先和你讲讲叠氮酸盐科的一点事情吧。”

“叠氮酸盐科内各组组风都十分彪悍。重金属的叠氮化物稍稍加热就会爆炸，这也是 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 可作为雷管引火物的原因之一；而碱金属叠氮化物则好一些，在室温下比较稳定，不过受到加热和撞击的刺激时，也会分解。虽说如此，这个科室的一些小组常在最危急的时刻救人一命……”

话还没说完，眼前路上一块金刚石突然闯进视野！来不及反应，只听一声轰鸣响起，车内的安全气囊“砰”地一下就弹开了……待到车身停止晃动后，我急忙转向大华：

“你还好吗？这可真是说曹操曹操就到。看看你面前的安全气囊，正是利用 NaN_3 在撞击之下会快速分解产生大量氮气的性质制造出的产品。在汽车受到撞击时，这些氮气能够迅速充满气囊，使我们获得缓冲，防止由于冲力过大以及磕碰车身造成的身体损伤。所以说，没有不好的性质，只有用错的性质呀。”

“看来接下来这段路只能走过去了，就让我边走边和你说说铵盐科的一点情况吧。”

“铵盐的一个重要特性就是它受热易分解，非氧化性酸的铵盐易分解为氨气和相应的酸。比如嗅盐中的 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 受热可以释放出氨气，正是这浓烈的氨气刺激了你的呼吸器官粘膜，使你的呼吸增强，让你从缺氧带来的昏厥中苏醒过来^[3]。”

“好东西！”

“而氧化性酸的铵盐分解时，分解出的氨会被立即氧化，例如硝酸铵受热分解产生的氨会被氧化成 N_2O 。此外，由于这类铵盐在分解时产生大量的热与小分子，反应在密闭容器内进行时容易发生爆炸，因此这类铵盐常被你们人类聘去作为炸药呢。”

“展馆到啦，让我们先去看看硝酸盐科的展览吧！”

展板讲述了硝酸盐科的兴起：在19–20世纪，出于生产需要，人类在印度、玻利维亚、意大利、西班牙和智利等国的矿床里开采出大量的硝石(硝酸钾)和钠硝石(硝酸钠)，为我们的协会输入了大量新鲜的血液……。

“互动区！”大华兴奋地叫了起来。

“来，把样品瓶里的各个硝酸盐分别倒入下方对应的小水瓶里，发现了什么？”

“嗯……除了硝酸脲、碱式硝酸铋外，其他都不见踪影了。”

“是的。走，我们去看看硝酸盐科的兄弟科室——亚硝酸盐科的情况吧。”

科室牌上写着亚硝酸盐的概况：亚硝酸盐科的小组一般都易溶于水(除特例 AgNO_2)……

“易溶于水的性质给出行提供了便利。但是，如果去了不该去的地方，这些小组也会酿成大祸，看大屏幕。”

展区屏幕滚动播放着：亚硝酸盐小组在人体内旅行时，结合血液里的血红蛋白，使高铁血红蛋白含量上升，但高铁血红蛋白无法和氧结合，因此会导致人体缺氧，使人四肢发冷，心跳加快，血压下降。此外，亚硝酸盐还是致癌物，它在人体内转化产生的亚硝基化合物有绝大部分能诱发肝癌、胃癌、食道癌等癌症。而在人体外，这种危险的转化也会发生。当对蔬菜进行加工处理、长期储存时，蔬菜和瓜果中的胺类、亚硝酸盐在微生物参与下，会生成微量的亚硝胺……

“怎么样，平常没少吃腌制食品的你是不是感到有些担心？没事的，只要单次摄入量较小，人体是能够自我调节的。不过还是尽量减少摄入。此外，为了阻碍或抑制体内亚硝胺的合成，多吃新鲜花菜、豆芽、白菜、大蒜、胡萝卜、卷心菜、南瓜、桃、橙等食物也是有帮助的^[4]。”

“我为这些小组对人体造成的损伤深表歉意，但也希望你们能合理看待它们，与我们一起，引导它们在建筑、纺织工业、金属加工等领域发挥自己的作用。”

叮铃铃……我的手机响起。

“大华，几位副会长找我有件事情，我得先走了。除了这两个科室的展区以外，整个的展览内容还有很多，你可以慢慢地逛一逛。回去的方式与来时一样。明天中午12点，把书桌上的那个小瓶子放在冰水里，我们就能见面啦。”

2.2.1.4 其他办事处

书桌上的小瓶子？回去以后，大华向书桌上看去——竟真有一个小瓶子，里面充满了红棕色的气体。他疑惑地收回目光，躺回床上，睡着了……

嘀嘀……闹钟唤醒了大华。他看了看钟——11:59！慌慌忙忙地从冰箱里拿出盛有冰水的杯子，将小瓶子放在水里，一段时间后，瓶子里的棕红色竟消失了！就在这时，熟悉的声音传来：

“大华，今天要分享的是无机化合物分区的最后两个办事处——氧化物办事处和卤化物办事处。这小瓶子里原先装的，是多个氧化物办事处的 NO_2 小组。而冰水的低温使得二氧化氮小组抱团形成四氧化二氮，瓶子里的气体也就由棕红色变为无色啦。”

“先来看看氧办事处的几个小组吧。听说过‘笑气’吧，就是 N_2O 气体，无色，微有好闻气味，在水中有一定的溶解度。因吸入他后，人的面部受麻醉抽搐似笑状而得名。”

“接着是一氧化氮，大量 NO 小组以气体和固体的形式聚集起来形成的小组集群没有颜色，不过聚集为液体时，就会显淡蓝色；被空气中的 O_2 氧化产生气态下呈红棕色的 NO_2 ，遇雨就会形成酸雨，酿成土壤酸化的恶果。为了防止酸雨的产生，人类正与我们合作，不让 NO 和 NO_2 小组从汽车的排气孔、工厂的烟囱里跑出来。”

“另外两个小组——三氧化二氮和五氧化二氮与酸的关系密切，是硝酸和亚硝酸的酸酐，对人体有很强的毒性，和它们打交道时，一定要戴好防毒面具、护目镜和橡胶手套，穿好防毒服。”

“房间好像有点暗，让我再多开几盏灯。”

“砰”的一声响起，只见一个透明盒子里几缕紫烟缓缓升起……

“哈哈，是不是被吓了一跳呀！这是我和碘家族合作形成的小组—— NI_3 。在干燥状态下，羽毛的轻轻触碰或光照的突然增强都能使它立即发生爆炸性的分解反应。它所在的三卤化科以‘科风’

暴躁昭名于整个协会。”

“相较而言，三氟化氮小组可以说是这个科室的‘理智担当’了。虽说与水汽混合物遇到火花时会发生爆炸，但常温下它不与水、稀酸和稀碱作用，也算比较稳定了^[4]。”

“除了三卤化物科以外，这个办事处也有别的科室，比如二卤化物科、四卤化物科等，代表小组有 N_2F_2 、 N_2F_4 等，在这里就不做进一步介绍了。”

“无机化合物分区的故事到这里就告一段落啦。明晚梦中，我会与你讲一讲有机化合物分区的故事！”

2.2.2 有机化合物分区

“还记得几天前的这个时候，也是在你的梦中，我向你介绍了我们协会的概况，时间可过得真快啊。天下没有不散的宴席，今天是我和你分享的最后一晚了。由于时间有限，有机物化合物分区又过于庞大，我就不像讲无机化合物分区那样详细了，今天就随意地和你聊一聊有机化合物分区里的一些小事，更多的关于含氮有机化合物的知识，就由你自己进一步的了解和探索啦。”

“我们氮在人体中占体重百分数的3%^[4]，在人体所需的主要必需元素中排名第四。这与人体内大量的氨基酸、维生素和核苷酸有很大关系哈。在氨基酸组成的蛋白质中，如果按质量计算，氮约占蛋白质的15%^[1]。此外，脱氧核糖核酸和核糖核酸的构建也有我们氮的参与，正是那一个个多种多样的含氮碱基，为生命信息的编码提供了最基本的单位。”

“这只是与人类体内密切相关的几个小组，有机化合物分区还包括其他大量的含氮化合物小组，分别归属于氮杂环、腈、硝基化合物、含氮酯等办事处。毫不夸张地说，有机物世界如果没有我们氮氏协会的参与，其美丽与精彩不知道要逊色多少。”

2.2.3 配合物特区

“对了，差点忘了向你介绍配位化合物特区。在这个特区里，不论无机还是有机，不少小组都能作为配体，比如乙二胺、氨分子、乙二胺四乙酸、硫氰酸根等。形成的配合物小组也很多，比如由叠氮酸根作为配位体与钠离子形成的 $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{N}_3)_6]$ 小组、 CN^- 作为配体形成的 $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ 小组。此外，还有以氨为配体形成的玫瑰红色的 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_2$ 、黄色的 $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ 、深蓝色的 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2\cdots\cdots$ ”

3 后会有期

大华正沉浸在化学的海洋里，我不忍心地伸出手：

“几天前，是嗅盐让我们相聚，成了好朋友，但我希望今后不要再用到了它了，要训练有度哈。同时，也希望我的分享能使你对氮氏协会有更深入的了解，把你的收获分享给亲人和朋友吧，让更多的人了解氮氏家族，乃至所有118种化学元素的家族，奇妙的化学世界等待着你们去探索。时间关系，后会有期！”

从大华的梦境里抽身出来，我回到了办公室，靠在书桌椅上，突然发现桌上的那枚鸡蛋转了一圈。我知道，那枚作为氮城投影媒介的蛋已经进入那个对化学充满兴趣的少年腹中。是时候再次出发了，我将进入那少年梦中，为他好好讲讲我们的故事……

参 考 文 献

- [1] Greenwood, N. N.; Earnshaw, A. 元素化学(下册). 李学同, 孙玲, 单辉, 等译. 北京: 高等教育出版社, 1996.
- [2] 宋天佑. 无机化学教程. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [3] 百度百科. 嗅盐. [2021-03-05]. <https://baike.baidu.com/item/%E5%97%85%E7%9B%90/5210401>
- [4] 刘新锦, 朱亚先, 高飞. 无机元素化学. 北京: 科学出版社, 2010.