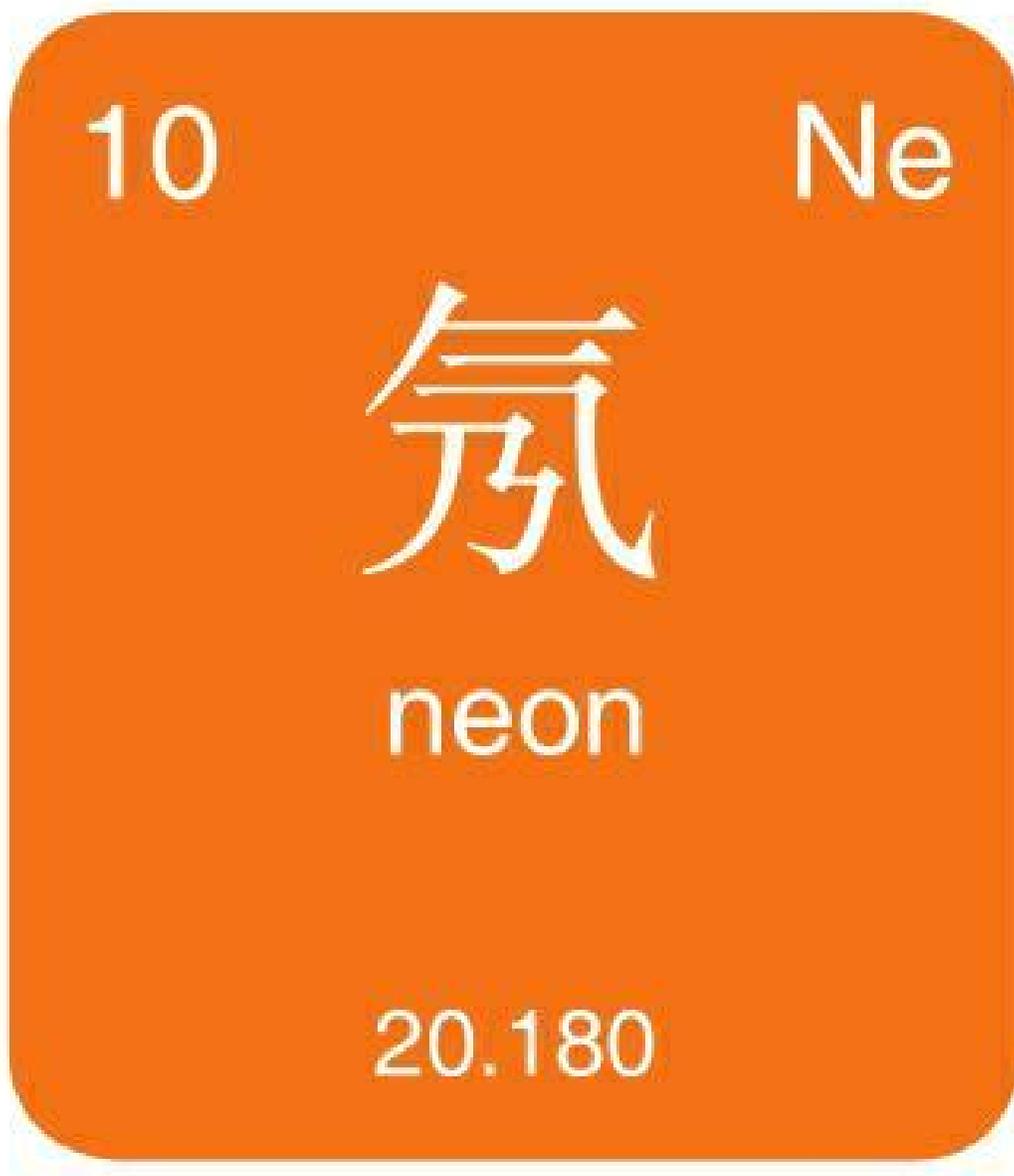


## 霓虹灯后的氖

---

原文作者：

菲利斯·格兰迪内蒂 (Felice Grandinetti)，意大利图西亚大学。



格兰迪内蒂在本文中探究了惰性气体之一的氦的独特性质，以及它是否应该占据元素周期表中最右上的位置。

惰性气体——氦、氖、氩、氪和氙都是空气中的“少数派”。虽然这似乎使它们很易得，但直到19世纪末人们都不知道它们的存在。其中含量最丰富的氩气在1785年已被卡文迪许分离得到，但他没有意识到空气中这个未知的成分是一种新的元素。直到1894年，拉姆齐爵士和瑞利勋爵共同宣布了氩的发现。这标志着一场非同寻常的科学探索的开始，拉姆齐和他的合作者们在短短几年内分离出了一整族新的元素。

第18族元素中的氦（从希腊语“ $\nu\epsilon\omicron\nu$ ”得名，意为“新”，这是拉姆齐13岁的儿子建议的名字）、氖和氙都是利用一种当时最新的仪器从液态空气中分馏得到的。这种仪器由工程师威廉·汉普森（William Hampson）和卡尔·冯林德（Carl von Linde）发明出来，它可以高效地生产大量的液态气体，这也是一个纯粹科学和应用科学有效协作的完美例证。1898年6月，含氦馏分被蒸馏出来。被分离出的第10号元素呈现出独特的光谱线，发射出明亮的红橙色光。这种光芒现在被用来照亮人们夜游城市的旅程。应用广泛的氦氖激光器中也利用了这种红色光束。条形码扫描仪、CD播放机和一些医疗应用（如激光眼科手术和血细胞分析）中都使用了氦氖激光器。

1912年，J. J. 汤姆孙（J. J. Thomson）观察到电离氦产生的阴极射线（正离子束）经过磁场和电场后有两条截然不同的轨迹。他据此推断存在两种不同原子质量的氦原子，分别为氦-20和氦-22，从而发现了这一稳定元素的同位素。通过质量差分离不同离子的技术很快得到了阿瑟·登普斯特（Arthur Dempster）和弗朗西斯·阿斯顿（Francis Aston）的改进，并发展成为现代的质谱技术。

很自然地，化学家们试图让惰性气体参与反应，但早期的尝试都是不成功的。然而，没有其他负面结果比这些失败的尝试证实了更多的信息：这种对反应的抗拒成为现代化学键理论的基本规则，该理论着重考虑元素的价电子壳层。就惰性气体而言，其填满的价电子壳层导致了它们的反应惰性。

然而，化学家们并没有放弃让惰性气体参与化学反应的尝试。如果化学键是通过电子共享或捐赠形成的，那么可以合理地预期，从氦到氙的惰性将逐步降低。沿着周期表从氦下降到氙，极化率按顺序增加、电离电位逐渐减小到与常见的可氧化分子差不多的数值。在这些观点的指导下，1962年3月的一个周五下午，巴特利特独自一人在他的

实验室里成功地用六氟化铂将氙氧化。氙的研究很快就由此迅猛增长，并形成了氙化学。几个氙化合物以及一个氙化合物<sup>[1]</sup>（三原子的HArF）也已被制备成功，但氦和氙的化合物目前尚无报道。

按前述的推测，氙的反应活性应该比氦高。然而，根据理论研究，中性甚至阴离子物种如HHeF、H<sub>3</sub>CHeF、(LiF)<sub>2</sub>(HeO)和FHeX<sup>-</sup>（X=O, S, Se）是具有氦共价键的亚稳态结构，而这些化学物种的含氙类似物据预测是无法存在的。这些计算结果与中性金属受体的氙配合物（包括最近在冷基质<sup>[2]、[3]</sup>中发现的NeAuF和NeBeS）普遍比氦配合物不稳定的事实一致。还有些例子表明，氦和氙阳离子的稳定性<sup>[4]</sup>也与它们在元素周期表的顺序相反。

氙比氦大，且拥有被占满的*p*轨道。这被认为会产生更少的有效静电相互作用和更高的轨道斥力，并使氙的化合物不稳定或只是轻微稳定。这些因素的影响还有待于进一步研究。因此，研究氙的化学家们面临两个挑战：实验研究及精确地通过理论预测其化合物。

有人建议把氦移到周期表的第2族，氢的旁边，铍的正上方。支持此说的论据是等电子类推的逻辑（它的最外层和其他第2族元素一样有两个电子），以及其他一些隐藏的周期表规律。氙化合物比氦化合物更低的稳定性，正符合这一建议。移动氦将使氙占据周期表该列中的最高位置，也很符合氙是最惰性的惰性气体这一事实。

---

[1] Khriachtchev, L., Pettersson, M., Runeberg, N., Lundell, J. & Räsänen, M. Nature 406, 874–876 (2000).

[2] Wang, X., Andrews, L., Brosi, F. & Riedel, S. Chem. Eur. J. 19, 1397–1409 (2013).

[3] Wang, Q. & Wang, X. J. Phys. Chem. A 117, 1508–1513 (2013).

[4] Borocci, S., Bronzolino, N., Giordani, M. & Grandinetti, F. J. Phys. Chem. A 114, 7382–7390 (2010).