# 第 12 章 天体物理学的发展

## 12.2 匹克林谱系之谜

在物理学和天文学的发展过程中，两门学科交互作用的事例数不胜数，下面举一个所谓匹克林谱系之谜为例。1884 年，巴耳末根据哈根斯和沃格尔（H.C.Vogel）对天体的氢光谱观测结果提出了氢光谱的公式；1913 年，玻尔提出氢原子的定态跃迁原子模型，很好地解释了巴耳末公式，但是遇到了匹克林谱系的困扰。所谓“匹克林谱系”，是匹克林 1896 年从船尾座 ξ 星（ξ Puppis）发现的一组新谱线。当时他是哈佛天文台台长。他在通报中宣布：“弗莱明（Fleming）夫人发现船尾座 ξ 星的光谱非常特殊，跟别的已得到的光谱都不一样”，“这六根线很像氢谱线那样，形成有规律的谱系。显然，这是出于其他星体尚未发现的某种元素。”[[1]](#footnote-1)在通报上还发表了当时拍摄到的光谱照片，如图 12 – 6。照片明显地显示，有四根谱线与氢的巴耳末系 Hβ，Hγ，Hδ，Hε，互相间隔，极有规律。

图 12 – 6 匹克林发表的船尾座 ξ 星光谱

随后于 1897 年初，匹克林发表文章，讨论了船尾座 ξ 星的光谱，他写道：“这是继氢光谱的巴耳末系之后第二个有规律的谱系，这两个谱系间有如此显著的联系，似乎可以认为，这第二个谱系并不是出于原先所料想的某种未知元素，也许正是出于未知的某种温度或压力下的氢气。”[[2]](#footnote-2)他仿照巴耳末公式

*λ* = *B*

（其中 *B* = 3 645.6），稍加修改，取 *B* = 3 646.1，列出新的公式

*λ* = 3 646.1

人们称这个谱系为匹克林谱系。

后来，素以整理元素光谱规律闻名的里德伯鉴于匹克林谱系及巴耳末系与碱金属光谱的锐系及漫系甚为相似，就肯定它们都是氢的光谱，并从对比的观点出发，预言氢光谱还应和碱金属光谱一样，有一个主系。据推算，其波长应为 4 687.88 Å、2 734.55 Å 等。正好这时从星体光谱及日冕光谱的观测中多次找到了 4 686 线（人们往往以波长来表示谱线，4 686 线的波长约为 4686 Å），人们认为这根谱线也许就属于里德伯的氢光谱主系。

里德伯根据经验对匹克林谱系进行处理，虽然看上去很完满，却给后人留下了难解之谜。这就是所谓的匹克林谱系之谜。

以后的十几年里，人们一直相信天体中有一种特殊的氢，就像不久前发现的氦一样，只有靠光谱分析才能确证其存在。有人称之为“宇宙氢”。当然这件事也激励物理学家和化学家努力去做实验，希望在实验室里也能得到这种特殊的氢。

1912 年，英国著名天体物理学家和光谱学家福勒（A.Fowler）在实验室里获得了匹克林谱系和 4686 线，并且发现了一些新的谱线。他在论文中写道：“好些年来我一直在仔细观测，注意偶尔进行的氦谱实验中会不会出现 4686 线。只是最近才从钇铀矿备制的氦放电管中在预期的位置上获得了暗淡的谱线。不过，氢是其主要杂质。将此氨氢混合气体充人普通的普吕克尔（Plucker）放电管中，随后由 10 英寸线圈向普吕克尔管进行放电，就可以使这根线非常明亮。”[[3]](#footnote-3)

他认为这根线就是大家要找的 4686 线，说明在这种混合气体中存在“宇宙氢”。如果确是这样，岂不是一个重大的发现！不过，他并没有充分的根据能证明这些谱系就是氢发出来的，因为他也承认，这时有氦在场。但他却写道：“没有严格的实验证明，那惟一的判断依据就是里德伯的理论研究。至少可以说，只有氢在场，这条谱线才能产生。”他的倾向性明确地表现在他的论文题目中，题目就是：《氢光谱的主系和其他谱系的观测》。他还将自己观测到的谱线进行分类整理，得出总的“氢谱”公式：*ν* = *K* ，并且宣称证实了里德伯的理论。不过，在他的公式里 *n*1，*n*2 都必须包括半整数。

1913 年，26 岁的丹麦物理学家玻尔刚刚获得哥本哈根大学博士学位，来到英国著名的剑桥大学卡文迪什实验室工作和学习。此时，正值卢瑟福发表以 α 散射实验为基础的有核原子模型。玻尔参加了卢瑟福小组的工作，认识到这一原子模型的合理性和面临的困难。由于玻尔接受新的物理思想非常敏锐，他勇敢地把普朗克的量子假说运用到原子中的电子运动，终于找到了通向译解光谱密码的途径——定态跃迁理论。1913 年 9 月，玻尔发表了《论原子和分子的构造》，文中系统地提出了定态跃迁原子理论，解释了光谱的发射和吸收，推导出氢光谱的巴耳末公式：*ν* = ，其中 *n*1，*n*2 只能取正整数，*E* 为原子核的电荷，*m*，*e* 分别为电子的质量与电荷，*h* 为普朗克常数（参看 [7.7 节](https://enjoyphysics.cn/Article3276)）。

然而，*n*1，*n*2 只能取正整数的条件是跟里德伯和福勒的氢光谱公式不相容的，因为后者特别规定 *n*1，*n*2 可为半整数。玻尔认真研究了这个问题，作了明确的论证，他写道：

“用上述方法得不到那些普遍认为属于氢的其他光谱（除巴耳末系）。例如，首先由匹克林在船尾座星光谱中观测到的谱系和福勒最近对充有氢氮混合气体的真空管进行实验所发现的那套谱系。如果将他们归属于氮，我们用上述理论可以很自然地说明这些谱线”。[[4]](#footnote-4)

在玻尔看来，把匹克林谱系和福勒谱系归属于单电离氦是很自然的事，否则，就不符合量子假说的要求。然而，要重新解释早已肯定了的事实却不是一件容易的事。玻尔的论点当时没有得到科学家的普遍承认，反而被看成是奇谈怪论。玻尔则胸有成竹，他很了解实验的情况，从福勒等人的论文中看到匹克林谱系和福勒谱系并不是肯定属于氢，因为实验采用的样品是氢氦混合气体，只是由于人们迷信权威，早已接受了这些谱线是属于氢的说法。所以，要解除人们头脑里的束缚，惟一的办法就是用实验来判明是非。还在草拟论文时，玻尔就和友人讨论如何进行这项实验。由于哥本哈根大学不具备做实验的条件，他在寄送论文给卢瑟福的同时，请求卢瑟福协助，希望能在曼彻斯特大学的实验室里重复福勒的实验，或者将这一看法转告福勒，因为福勒就是卢瑟福的同事。

当时卢瑟福的态度是这样的：他一方面肯定玻尔“对氢光谱起源的工作做得很好”，另一方面也提出质疑，认为“将普朗克的思想和旧力学混合在一起，很难形成一个物理思想来说明什么是它的基础”。“在我看来，你的假说中有一个严重困难，我想你必定是完全意识到的，那就是：当一个电子从一个定态跃向另一个定态时，它怎样决定用什么频率振动？”[[5]](#footnote-5)

尽管卢瑟福对玻尔的假说有所怀疑，却仍是大力支持玻尔的工作。正是卢瑟福本人，一方面把玻尔的论文推荐到《哲学杂志》发表，一方面请福勒的助手伊万士（E.J.Evans）进行新的实验，以确证匹克林谱系的起源问题。

正当物理学界对玻尔理论将信将疑之际，《自然》杂志于 1913 年 9 月初发表了伊万士氦谱实验的结果。他写道：

“我用了一些时间研究 4686 线的起源问题。已经做的实验支持玻尔理论。”[[6]](#footnote-6)

这样一来，匹克林谱系之谜终于被破解，玻尔理论和他所依据的量子假说经受住了最初的考验。

1. Pickering EC.Astrophys.J.，1896，4：369 [↑](#footnote-ref-1)
2. Pickering E C.Astrophys.J.，1897，5：92 [↑](#footnote-ref-2)
3. Fowler A.Month.Not，R.A.S.，1912，73：62 [↑](#footnote-ref-3)
4. Bohr N.Phil.Mag.，1913，26：1 [↑](#footnote-ref-4)
5. Bohr N.Essays 1958—1962 on Atomic Physics and Human Knowledge.Richard Clay，1963.41 [↑](#footnote-ref-5)
6. Evans E J.Nature，1913（92）：5.伊万士的氦谱实验可参看：郭奕玲.大学物理中的著名实验.科学出版社，1994.191 ~ 193 [↑](#footnote-ref-6)