



一个了解宇宙的新窗口

——分子天体物理学介绍

· 李守中

现代科学的显著特点之一是它的综合性和整体性,即各个学科之间的交互影响.分子天体物理学的建立和发展是一个很好的例子.在它的发展过程中,物理学和化学的基础研究,射电天文学和空间天文学的最新技术成就与天体物理学和天体化学密切配合,相互推动.在短短的二十多年中形成了一门生气勃勃的新学科.它为天文学提供了一个了解宇宙的新窗口,有力地推动了恒星演化的极早期阶段和晚期阶段的研究.

正如戴伽诺所说,“由于能级结构和谱线的复杂性”,分子是诊断它们所在的天体的物理条件的“唯一的探针”.而其作用又远非仅限于此,“它们常常控制着温度和电离结构,它们的存在能加强或抑制动力学的不稳定性,因而决定性地影响着它们参与构成的天体的演化”.例如,在星云凝聚为恒星时所出现的剧烈的能量和物质的流动中,分子就扮演了举足轻重的角色.

分子天体物理学和电磁波谱线观测波段的扩展

天文学的对象是极其遥远的天体.直到本世纪30年代之前,人类能够直接接触到的地外实体还只限于偶然落到地球上的陨石.后来,技术的发展使我们能够检测到宇宙线中的正电子、 μ 子、 π 介子等粒子.近年来甚至建成了中微子望远镜来接收太阳或超新星发出的中微子.还有登月飞船和行星际探测器可对太阳系内的天体进行直接的物理、化学分析.但是,除了这几种有限的情况以外,我们全部的天文知识都是来自天体投来的电磁波.各种天体发出的电磁波是大自然的厚赐.它们携带着自宇宙创生以来的大量信息,经历了漫长的旅程来到我们所在的星球.自古以来,天文观测直接得到的第一手材料就是这些电磁波.如何从这些电磁波中获得尽可能多的讯息,在极大程度上决定了天文学的进展和水平.

远古时期人类用肉眼观察可见光波段的天体电磁辐射.在孜孜不倦地研究了几千颗肉眼可见的恒星和几颗行星的位置及运动之后,最终导致了像日心学说、开普勒定律以及历法这样一些辉煌的成就.17世纪伽里略用光学望远镜扩大天文视野是一次重大的突破.但只是在把光谱技术和天文望远镜结合到一起之后,才产生了现代天文学.1859年基尔霍夫证明:夫朗和费所发现的太阳光谱中的暗线可用太阳大气中元素的吸收谱线来解释.天体物理学于焉诞生.

各种光谱仪器把天体电磁辐射所包含的信息充分展示出来——这些信息包括:电磁波源的方位;所含谱

线的成份;每条谱线的频率、强度、形状、结构、偏振度;这些参数的相互关系及其随时间的变化等等.对照实验室和理论研究得到的物理学规律,就能“破译”出谱线参数所反映的天体的物理、化学状况——包括天体的化学成份及其分布状况、运动速度、距离、质量以及温度、密度、电磁场强度等一系列用非光谱学方法无法得到的知识.人类掌握的天文知识中,百分之九十以上来自电磁波谱线观测.(这并不是说连续谱的观测不重要.相反,有时它提供极重要的知识.2.7 K微波背景辐射就是最突出的例子).以这些资料为基础,加上二十世纪近代物理学提供的理论手段.理论天体物理学家得以有根据地阐明天体上发生的各种物理过程并且有把握地讨论天体以至宇宙演化的规律.

但是,直到五十年代以前,谱线观测尚局限于光学波段.这意味着天文学家所研究的谱线基本上全部是来自恒星表面或其它高温天体(如被附近恒星照亮的星云)上的中性的或电离的原子的发射或吸收.在这个意义上可以说他们那时所从事的是原子天体物理学.当然,核天体物理学也是一个重要领域,但观测数据主要也来自恒星的原子光谱.

冷的暗星云不发射可见光谱线而且光波不易透过致密的星云(星云远比地球大气稀薄,其尺度可以大到几个光年并含有尘粒,所以能阻挡光波通过).所以用原子光谱学的方法很难探知星云深处发生的事情.

分子的电子、振动、转动能级之间的跃迁产生极为丰富的谱线.所以天文分子能使我们把谱线观测的波段延伸到厘米、毫米、亚毫米、远红外以至远紫外.相应地,得以把观测的天体从处于演化中期阶段的炽热的恒星扩展到演化早期的星云、星云核,原恒星以及晚期的红巨星,行星状星云,超新星遗迹等.所以分子天体物理学极大地扩展了我们从电磁波谱线中获得的

天文信息,并且填充了天体演化知识中的空白区域.

星际分子的发现

星际分子发现以前,只在一些恒星大气和行星中发现过一些简单分子的光学谱线.那时对星际物质所知不多,谱线观测只在其中看到过 Ca^+ 和 Na 的4条吸收线,没有发现过分子.1937年顿哈姆(T. Dunham)等观测到波长为4300.31 Å, 4232.58 Å和3957.74 Å的紫外光被星际物质吸收.不久证实这是次甲基(CH)和次甲基离子(CH^+)的吸收线.1940年又发现了星际氰基(CN)的紫外吸收谱线.这是第一批在星际物质中发现的天文分子.可惜的是这些发现没有引起人们足够的重视.当时普遍的看法是,恒星的高温会使大多数分子解离,而温度很低的星云密度又太低(每立方厘米 $10-10^6$ 个原子.注意地球大气在标准条件下是 10^{19} 个),几个原子相遇又能结成分子的几率实在

入门之路

第21届奥林匹克物理竞赛铜牌获得者 北大学生

段志勇

在小学时期,我看过《十万个为什么》一书,自然界的千奇百怪、多姿多采带给我好多幻想,也使我产生了好多问题,可大人们总是说:“你还小,等长大了你就知道了。”我期待着长大。

小学毕业,我考进省重点中学武汉六中,雄厚的师资,严谨的学风造就了我,年近花甲的何

国贤老师把我带进了数学王国,严格的逻辑思维,高超的运算技巧使我入了迷,学习中的进步增加了我的兴趣,竞赛中的取胜更增强了我的信心。

初中二年级我开始接触到物理,课本中对自然现象的解释令我大开眼界,领略到了物理世界的奇妙.良好的数学基础使我的物理学得不太费劲,还参加了好几次物理竞赛,但由于对数学的偏爱,我没有更深入学习物理。

高二是我的转折点,国家理科试验班招生,数学、化学相继落马,只有物理中榜。我于1988年初进入物理班,开始受到系统的训练。激烈的竞争,友好的交流使我埋头于物理。我开始走上物理之路。

真正对物理入迷,还是在国家集训队。这时,我开

我是一位中学教师,我深爱《现代物理知识》。在讲授《卢瑟福核式结构》一课时,我向同学们言简意赅地介绍了那上面的一篇文章:《原子核壳模型发现前后》。当我讲述卢瑟福提出有效模型是怎样成功地解释盖革与马斯顿的实验结果时,同学们顿时活跃起来,纷纷想一展身手,体验一次科学发明的过程。然而,物理上的每一个发现,都是科学家凭借坚实的理论基础和实验事实而获得的。在教师的指导下,同学们通过阅读教材,得出了如下结论:“如果是枣糕式模型,α粒子穿过原子内部时,它受到原子内两侧的斥力相互抵消,使α粒子偏转不会很大”。

突破旧的束缚,在实践中创造新的理论,这正是《现代物理知识》所揭示科学研究的必由之路。同学们经过思考,有的提出了“α粒子可能就像皮球撞到墙上

始接触大学物理,使我更全面更深刻地了解了物理,宏伟的经典物理体系使我赞叹不已,耳闻目睹也认识到物理是现代科技的先锋,得到极其广泛的应用,它揭示给我们一个绚丽多采、和谐统一的世界。尤令我敬佩的是当物理到了山穷水尽时,爱因斯坦以其独特的想象力,创立了伟大的相对论学说,为物理开辟了一个新的天地。在集训队,我聆听了老前辈语重心长的教导和殷切的期望,看到了我国物理的昨天、今天,想到了物理的明天,明白了自己肩负的重任。

现在成绩已成为过去,我站在了新的起跑线上。探索的道路漫长而曲折。许多的知识需要去掌握,路漫漫其修远兮,吾将上下而求索。

反冲回来一样。”在肯定同学们积极思维的同时,我讲了“盲人摸象”的寓言,要求他们分析问题时应全面了解事物的各个方面。绝大多数α粒子不改变方向说明原子内部是空旷的,极少数被撞回头则可能是碰撞的原因。同学们根据弹性碰撞的知识计算出α粒子反冲的背景,得出了“具有相当质量和动量的α粒子一定碰上比它质量大得多物体(原子核)”。这时同学们才真正理解卢瑟福的行星式模型为什么能圆满解释α粒子散射。望着学生们脸上荡漾着收获的喜悦,我想他们的明天,也许会……。

卢瑟福所作的散射实验,直到今天仍是粒子物理的重要实验手段。卢瑟福建立的原子模型,已被量子力学所取代,但《现代物理知识》所介绍的这一次人类典型的智力活动,对中学生是非常有益的启示。

· 我与《现代物理知识》· (征文)



一堂物理课

· 王 兵 ·



太小,况且已形成的分子也很容易被紫外线等高能辐射所离解.因此,在苛刻的天文环境中不会产生数量多到能被我们观测到并且在天文上也有意义的分子.星际分子的研究被搁置了十几年,几乎被人遗忘.(待续)

作者陈瑞芳同志来信

编者按:陈瑞芳同志的意见是正确的.除了今后加强校对工作外,特向作者与读者致歉.

91-1期p.10中,图2干涉法测试原理应为离子交换示意,图3沿x方向梯折分布应为干涉法测试原理.图3左侧文字应删去“(如图3)”。

