

# 奇异星物理发展中的一个故事

陆 焱

(南京大学天文系 江苏 210093)



1932年查德威克发现中子后才半个月,朗道就提出了中子星的概念。两年后, Baade 和 Zwicky 甚至已经正确地预言了中子星可以在超新星爆发过程中产生。而真正的观测发现却要等到 30 多年以后,即直到 1967 年发现脉冲星,才确认它为中子星。与此形成对照的是,1964 年盖尔曼提出质子、中子由夸克(u、d)组成之后,虽然夸克星在 1969 年前后曾有人讨论过,1971 年 Bodmer 还曾触及奇异星(这是由几乎等量的 u、d 和 s 3 种夸克组成的致密星体),但真正的重要进展要到 1984 年,那时威滕(Phys. Rev. D30, 272)以及稍后的 Farhi 和 Jaffe(Phys. Rev. D30, 2379)发表了他们的奠基性文章。他们在相当宽的 QCD 参数范围内,证明奇异星的能量应显著低于中子星,就是说,奇异星比中子星更稳定,它是夸克星真正稳定的存在形式。也在 1984 年,按编辑部收到稿件的日期计,比威滕那篇奠基文章还早约半个月,王青德和我首次研究并指出夸克的非轻子弱过程对奇异星径向振荡有极为强烈的阻尼作用(发表于《物理快报》,148B, 211”上,以后记为王-陆(84))。这也是对奇异物质动力学性质的首次研究。研究表明奇异物质的体黏滞性比通常中子物质要高许多个数量级,这是奇异物质最重要的动力学特征。1986 年,Alcock 等人对奇异星的结构和性质作了比较全面的计算,特别是计算了它的壳层结构,指出其壳层与中子星的外壳层几乎一样。因此,它们的辐射性质也几乎一样,要想在观测上分辨它们非常困难。Alcock 等人甚至说:很可能所有已知的中子星其实都是奇异星。

有趣的是,1989 年, Kristian 等人在《自然》上发表了一篇文章,声称在 1989 年 1 月 18 日发现了一颗与超新星 SN1987A 对应的光学脉冲星,其周期只有约半毫秒,即:  $P = 0.5079677$  毫秒。这是首次发现亚毫秒脉冲星。这一发现在天体物理界引起了很大轰动。特别是 Glendenning, Haensel 等人通过详细研究,发现用各种已知的中子物态方程均难以解释

如此短的周期。观测到的脉冲周期是脉冲星自转周期的反映。如果星体自转过快,当赤道上的转速超过相应的开普勒速度时,物质就会飞散,星体就不能稳定。一个中子星的半径约为 10 千米,其质量约为太阳质量,此时中子星赤道上的临界自转周期(开普勒周期)已经接近这个数值。然而,由于引力辐射反作用不稳定性存在,中子星的转速实际上远远达不到开普勒极限。因此,现有中子星理论几乎无法解释这颗亚毫秒脉冲星。这迫使人们试图用奇异星来解释这个脉冲星。

具有讽刺意味的是,一年多后,那颗亚毫秒脉冲星的发现者自己宣布,他们的“发现”是个错误,“0.5079677 毫秒”实际上只是他们实验中的电视监测器的一个寄生信号的周期,并不是什么亚毫秒脉冲星!这个错误的“发现”以“正确”的面貌存活了约 2 年时间,大大激励了奇异物质和奇异星物理的发展。在这期间,这个领域发表了很多重要文章。虽然这个“发现”已经被否定,但却提出了一个问题:难道今后也不可能发现亚毫秒脉冲星?而且,它至少告诉我们,观测亚毫秒脉冲星很可能是发现奇异星的一个有效途径。因此,从那以后,奇异物质和奇异星的文章依然呈现出持续发展的势头。

正是这个错误的“发现”使人们意识到,如何观测发现奇异物质和奇异星已经迫在眉睫。就在 1989 年,Haensel, Zdunik, Schaeffer, Sawyer 等人注意到王-陆(84)那篇文章,奇异星的黏滞性比中子星要高出好几个量级,一定暗含区分奇异星和中子星的重要观测效应。1991 年还在丹麦召开了一次专门讨论奇异物质的物理和天体物理的国际会议。会议主席 Madsen 在 1992 年的《物理评论》上发表了一篇长文,在王-陆(84)文的基础上作了详细计算并指出,正是奇异星的极高的黏滞性能强烈地抑制引力辐射反作用不稳定性,使得奇异星的自转速度可以接近开普勒极限。更何况奇异星的半径还可以略小于中子星,因而奇异星赤道上的开普勒速度还可以略高

现代物理知识



# “熵”概念的拓展及应用

乔生炳

(西南科技大学基础科学系, 四川 621002)

1867年,德国物理学家克劳修斯在法兰克福举行的第41届德国自然科学家和医生代表大会上,提出熵的概念和宇宙的热寂说,引起科学界乃至欧洲社会各阶层人士的极大关注,从此一场旷日持久的争论便展开了。随着研究的深入,熵概念逐渐走出物理学的范围而获得了新的生命力。

## 1. 熵概念的拓展 — 熵与信息的关系

于中子星。可见,奇异星的自转速度可以远高于中子星,奇异星的脉冲周期可以远短于中子星。亚毫秒脉冲星的观测研究对揭开奇异星的神秘面纱可能会起关键性的作用。

从那以后,奇异物质和奇异星的研究势头有增无减。研究内容已相当丰富,奇异星的观测效应除转动性质外,还研究了振动性质、冷却效应、爆发现象等许多方面,而且在星体结构等方面也有很大的进展。研究队伍也明显壮大。国外,美国、德国、意大利、波兰、巴西和印度等许多国家均建立了相当大的队伍。国内,除南京大学外,北京大学、中国科技大学等不少单位也开展了一批有影响的研究工作。美国的 Glendenning 小组不仅研究了与中子星相对应的奇异星,而且也研究了与白矮星相对应的奇异矮星,给出了从奇异星到奇异矮星整个系列的结构。我们小组(戴子高、韦大明、黄永锋和我等)不仅进一步研究了奇异物质的黏滞性、奇异星的结构和各种观测效应,而且还研究了奇异星与高能天体物理中的各种爆发现象之间的可能关系,比如,用奇异星来解释 $\gamma$ 暴、软 $\gamma$ 重复暴以及硬X射线暴等。一个错误的“发现”竟能引发奇异星物理的迅速发展,原因还在于奇异物质和奇异星是物理学中的一个基本问题。奇异星是从夸克层次考察星体必然会遇到的问题。就像黑洞那样,它的存在与否涉及到广义相对论的基本问题。奇异星的存在与否涉及到微观物理的基本问题。因此,证明奇异星存在,或者否定其存

无序和有序是人们在日常生活中建立起来的两个涉及面很广的对立概念。如何把这两个概念纳入科学的范畴加以研究和应用,却是物理学完成的。

熵的统计意义告诉我们,热力学系统从一个平衡态自发过渡到另一个平衡态,从分子运动来看,总是从无序走向更加无序。就拿如图1所示的气体作真空膨胀为例,在未膨胀前,分子集中在一半的空间

在,均将是学术上的重大成就。因此,那个错误的“发现”虽然对奇异物质和奇异星的研究起了促进的作用,而奇异物质和奇异星研究本身的意义却与那个“发现”的错误与否并无直接关系。

有意思的是,那个作出错误“发现”的原班人马却坚持不懈地继续寻找对应于SN1987A的脉冲星,最近果然又发表了一篇文章,宣称发现了这颗脉冲星,这是一颗周期为2.14毫秒的光学脉冲星(见《新天文》,2000, Vol. 5, Issue 5, 243)。如果这个发现是真实的,尽管它还只是毫秒脉冲星,不是亚毫秒脉冲星,仍然极有价值,因为它是目前所知惟一的一颗年轻(因而温度较高)的毫秒脉冲星。这与以往所知的毫秒脉冲星均为再生(年老,因而温度较低)的十分不同。值得注意的是, Madsen 在《物理评论通讯》上又发表了一些文章。1998年, Madsen 研究了 $r$ -模不稳定性对年轻中子星和奇异星自转的影响,指出 $r$ -模不稳定性会使年轻中子星自转迅速降低到周期长于5~10毫秒,却不会显著影响年轻奇异星的转速(还是由于奇异物质巨大的体黏滞性),因此年轻中子星的自转周期不太可能小于5~10毫秒。据此,2.14毫秒的那颗SN1987A脉冲星很可能是一颗奇异星。但是,2000年, Madsen 又进一步研究了 $r$ -模不稳定性对年轻奇异星的影响,得到了一些更为复杂的结果。看来,要解决这个问题,还需要做细致的、艰苦的工作。