

脉冲星与双脉冲星

王 连 璧

(昌潍师专物理系 山东 261043)

脉冲星是本世纪 60 年代末期以来发现的一类天体. 地球上接收到的来自这些天体的信息是一些短促的电磁辐射脉冲, 这正是脉冲星这一名称的由来. 脉冲星脉冲的周期非常短, 约在 0.03—4 秒之间. 每个脉冲的持续时间约为周期的几十分之一到十分之一. 脉冲星电磁辐射的频率范围多数处在射电区域, 但是也有处在可见光、X 光或 γ 射线区域的.

脉冲星是快速旋转着的中子星

脉冲星到底是一些什么样的天体? 地球上接收到的脉冲星的电磁辐射为什么是一些短促的脉冲? 这令天体物理学家们困惑, 促使他们猜测、研究和探索.

天体物理学家们现在认为, 脉冲星实际上是快速旋转着的中子星.

中子星是近于和几倍于太阳质量的恒星

克林综合工程学院获化学工程学士学位. 后转向物理, 1955 年在哥伦比亚大学获物理学科的哲学博士学位. 在任斯坦福大学教授之前, 曾任教于密执安大学. 他是美国科学院的院士.

从 60 年代起直到现在, 马丁·佩尔教授一直在斯坦福大学和 SLAC(斯坦福直线加速器中心)工作, 他是一位出色的教育家和卓越的实验组领导人, 也是一位诲人不倦的长者和亲切和蔼的朋友, 给许多人, 包括与之交往过的中国学者及在 SLAC 攻读学位的中国学生, 留下了深刻的印象. 他对中国的高能物理实验一直关心, 与中国有特殊的渊源. 他是众多支持和帮助北京正负电子对撞机工程(BEPC)的美国学者中的一员, 在 BEPC 的最初阶段他就积极提供建议. 1990 年 9 月, 当他得知 BEPC 及 BES 的中国物理学家有个很好的精确测量 τ 轻子质量 m_τ 的实验设想和初步方案时, 当场与作建

演化的最后阶段的星体. 发光发热的恒星, 其内部在不断地进行着核聚变反应. 当适当质量的恒星的核燃料消耗完以后, 恒星内的核聚变反应不再进行. 由于引力的作用, 恒星向内塌缩. 引力能量的积聚引起恒星爆炸——超新星爆发, 推斥掉其他残留物而产生一个中子星. 足够强的引力场可以把原子中的电子压入原子核内, 形成全部由中子组成的物质. 中子星是由强大的万有引力而不是由核力束缚在一起的一团中子. 中子星的质量密度非常大, 达 $10^{18}\text{kg}/\text{m}^3$. 质量相当于太阳质量的一颗中子星的半径仅约 10km, 而太阳的半径大约是 $7.0 \times 10^5\text{km}$.

由于恒星形成中子星时角动量和磁场守恒, 使得中子星具有强达 10^{12} 高斯的强磁场并以极大的角速度旋转. 其磁场虽然具有一些不

议报告的中国代表进行了深入交谈, 并表示给予支持和推动. 随即亲自写信给中国高能物理所, 11 月由 SLAC 的所长带到北京, 呼吁在 BEPC 上优先安排 m_τ 测量实验. 而后又推动参加中美联合北京谱仪实验组(BES)的美方人员参与此事. 现在 BES 的 m_τ 测量结果已被全世界粒子物理学界公认为一项十分出色的成绩, 认为 BES 对解决“轻子普适性问题”作出了突出的贡献. 作为参加者, 我们不能忘记马丁·佩尔教授所尽的一份力量. 1994 年 11 月, 作为中国高能物理研究所的客人, 佩尔教授来到北京访问, 与中国同行进行了广泛深入的交流. 做了关于“ τ 物理展望”和“ τ -c 工厂在中国”两个十分精彩的报告, 并且详细询问了中国对 τ -c 工厂(即 3~6GeV 能区高亮度正负电子对撞机)的研究进展, 提供了许多有益的建议. 他预祝北京的 τ -c 工厂能得到批准和顺利建成.

同的结构,但是基本上是偶极的.快速旋转与强磁场使得这些中子星只能从磁极区域发射出很窄的电磁辐射束.当中子星的自转轴与磁极轴不在同一方向时,其辐射束将旋转扫掠一定的空间区域.当从一极(或两极)发射的电磁辐射束扫过地球时,地球上的探测装置就接收到辐射脉冲.这就犹如从远处观看一座持续发光但是在不停转动的探照灯,将会看到它的一闪一灭的光脉冲一样.

形成脉冲星的超新星爆发一般都会将其附近的恒星推离开去,所以脉冲星一般都是单独存在于一空间区域.但是也偶然有两个脉冲星共存于一空间区域,围绕它们共同的质心运动的情况,这便是双脉冲星.

脉冲星的辨识

天文学家和天体物理学家所能得到的脉冲星的信息就是探测到的电磁辐射脉冲.脉冲星的有关参数,例如至地球的距离、质量大小、自转周期、公转轨道参数、自身磁场结构等等,都包含于探测到的脉冲及其变化中.所谓脉冲星的辨识,就是通过对脉冲星电磁辐射脉冲的测量和分析,根据有关物理知识对脉冲星的有关参数进行推测和确定.

脉冲周期反映了脉冲星的自转周期.脉冲的形状反映了脉冲星的磁场结构.

到达地球的脉冲星的电磁辐射脉冲,都经过了一段漫长的太空旅行.旅行路途上存在的自由电子引起脉冲在时间上的弥散,即同时出发的一团电磁波,其中高频电磁波将首先到达地球,低频电磁波则到达晚一些.弥散的大小与路途上自由电子的积分密度有关.通过对脉冲弥散情况的分析,可能推算出脉冲星至地球的距离以及太空中的有关情况.

地球在自转并围绕太阳运动和随太阳一起运动,脉冲星也在沿着自己的椭圆轨道运动.这样,脉冲星在其轨道上的不同位置、地球上的不同季节、一天里的不同时刻,与地球的相对运动速度都有所不同.因为多普勒效应而引起的脉冲星电磁辐射的红移或紫移各不相同,会使电磁辐射的频率发生变化.

另一方面各脉冲星的质量有所不同,因而引力场的强弱也不同.故它们发射的电磁辐射的引力红移也不同.

通过一个时期的不同季节、一天里不同时刻探测到的脉冲星的电磁辐射脉冲的周期、电磁波频谱等的分析将有可能弄清脉冲星的运动情况.根据脉冲星的运动情况,与牛顿引力理论和爱因斯坦理论弥合,可能估算出脉冲星的质量.通过去弥散和频移校正可以恢复脉冲星电磁辐射脉冲的真面目.

当然,这些工作都需要繁杂的计算和分析,需要运用相当规模的计算机系统来进行.但是,通过这些工作有可能对一颗脉冲星或双脉冲星系统的参数做出比较切合实际的估计.

双脉冲星系统——广义相对论实验室

爱因斯坦的广义相对论对引力作用的本质有着切合实际的解释.因而,引力场中的一些被预言的现象的证实,将是对爱因斯坦广义相对论的验证.

脉冲星的质量密度特别大,它们附近的引力场强度比其他类星球大得多,广义相对论效应明显得多.例如,作为广义相对论效应的水星轨道进动每百年只有 $43''$,而有的双脉冲星的轨道进动可达到每年 4° .如果对一颗脉冲星或双脉冲星有比较全面和准确的辨识,将可以把它作为检验广义相对论的实验室,对广义相对论预言的种种效应进行观测,以进一步验证广义相对论的正确性.

* * * * *

好奇心造就科学家和诗人

在科学史中,一个新概念从来都不会是一开头就以其完整的最后形式出现,像古希腊神话中雅典娜一下子从宙斯的头里跳出来那样。(普朗克)打开一切科学的钥匙都毫无异议地是问号…而生活的智慧大概就在于逢事都问个为什么。(巴尔扎克)好奇心是人类精神最崇高的特性之一.因为它的最简单的定义是“求知欲”。(阿西莫夫)好奇心造就科学家和诗人。(法朗士)