

瑞典皇家科学院 1993 年通报

谷青 张运强(郑州轻工业学院)译

瑞典皇家科学院决定把 1993 年诺贝尔物理学奖授予赫尔斯和泰勒(两人都在美国新泽西州的普林斯顿大学),表彰他们发现过一种新型的脉冲星,这一发现为研究引力揭开了新的可能性。

通过脉冲双星研究引力

获得今年诺贝尔物理学奖的发现是赫尔斯和泰勒在 1974 年用西印度群岛波多黎各的 300 米射电望远镜作出的。当时泰勒是 Amherst 的麻萨诸塞大学教授,赫尔斯是他的研究生。他们正在系统地探索脉冲星。脉冲星是一种质量稍微比太阳大而半径只有大约十公里的快速旋转的宇宙“信标”(假如有一人站在脉冲星上,其重量会比在地面上大千亿倍)。脉冲星的“信号光”通常是在射电波段。

第一个脉冲星是 1967 年在英国剑桥的实验室发现的(1974 年的诺贝尔物理学奖因此授予 Antony Hewish)。赫尔斯-泰勒脉冲星的新颖就在于:从信号的行为可以推测,与这颗脉冲星相伴必有另一颗质量与之相近的同伴,相距仅为月亮离地的几倍。用牛顿理论可以计算一个天体的行为,但这一天文学体系的行为与之偏离甚远。于是就为检验爱因斯坦的广义相对论和其他引力理论找到了一个新的革命性的“空间实验室”。到如今,爱因斯坦的理论在检验中已经获得了完全胜利。特别令人感兴趣的是,有可能以极大的精确度验证这个理论的预言:这一体系会象运动电荷体系发射电磁波那样,因发射引力波而损失能量。

发现脉冲双星的意义

第一颗脉冲双星的发现对天体物理学和引力物理学有重要意义。引力是最早知道的自然力,在日常生活中大家都熟悉。同时它在某种意义上也是最难研究的力,因为它比其他三种力:电磁力、强核力和弱核力都弱得多。从第二次世界大战以来,由于科学技术的发展,火箭、人造卫星、空间试验站、射电天文学、雷达技术和原子钟精确计量时间,导致了重新研究这一最早知道的自然力。在这一历史性发展中脉冲双星的发现代表了一个重要的里程碑。

相对论和引力物理学

根据爱因斯坦的广义相对论,引力是由空时几何的变化:质量附近的空时曲线引起的。爱因斯坦在 1915 年提出了他的理论,当英国天文物理学家 Arthur Eddington 1919 年宣布在日蚀远征中证实了这个理论

的预言之一:星光通过太阳表面附近“被折向太阳”时,爱因斯坦成了世界著名人物。光的偏折以及水星近日点运动(水星绕太阳的椭圆轨道有一缓慢的旋转)中有一项小的广义相对论贡献,是几十年来对爱因斯坦广义相对论唯一的但不可靠的支持。

在很长一段时间里相对论被认为在美学上是非常美的,是令人满意的,也许是正确的,除了用在宇宙学研究宇宙的起源、发展和结构,对物理学没有多大的实际意义。

然而,到 20 世纪 60 年代,当实验和理论的发展使引力物理学变成了物理学的主题部分时,人们对广义相对论的态度改变了。在人造卫星和雷达技术的基础上开辟了精确实验的新机会。特别是美国人 R. Dicke 和 I. Shapiro 的研究对此作出了贡献。Dicke 完成了一个精确实验,他用地球上的太阳引力场来验证所谓的等价原理,即引力质量与惯性质量相等,这是广义相对论(也是其他某些引力理论)的基本原理之一。Shapiro 对广义相对论的一项新推论——电磁信号在通过引力场时会有时间延缓效应进行的理论预言和用水星的雷达回波进行的实验验证也是重要贡献。

但是,所有这些实验都只限于我们的太阳系,其引力场非常弱,致使对牛顿引力理论的偏离甚小,很难测量。所以只在后牛顿一阶近似中才有可能对广义相对论和其它理论进行检验。

脉冲双星的发现

赫尔斯和泰勒 1974 年发现的第一颗脉冲双星(称为 PSR 1913 + 16, PSR 代表脉冲星,1913 + 16 表示脉冲星在天空的位置)就这样引起了这个领域中的一场革命。我们这里有两个非常小的天体,每个半径只有大约十公里,但其质量却相当于太阳,相距甚近,仅为月亮距地球的几倍。在这种情况下偏离牛顿引力物理学甚大。可以举一个例子来说,(根据 17 世纪初提出的开普勒第一定律)脉冲星在这样的体系中的椭圆轨道每年应旋转 4 度,这也叫近星点运动。在我们的太阳系相应的相对论位移也可以举一个最著名的例子,那就是前面提到的水星近日点运动,每世纪只有 43 弧秒(别的行星主要是金星和木星的摄动引起的近日点运动要大得多,相对论位移比其十分之一还要小)。位移之间大小的差别部分是由于脉冲双星的轨道速率几乎比水星大 5 倍,部分是由于脉冲星在一年

中所走的轨道比水星多 250 倍。脉冲双星的轨道周期小于 8 小时，可与月亮绕地球转一周的周期(一个月)相比拟。

新脉冲星有一个非常重要的特性，就是它的脉冲周期即两个信号扫描之间的时间(0.05903 秒)已经证明是极为稳定的，这与其它许多脉冲星相反。脉冲星的脉冲周期在一百万年内增加不大于 5%。这就意味着脉冲星可以当作钟来使用，其精确度与最佳的原子钟相当。在研究该体系的特性时，这是一个非常有用的特征。

非常稳定的脉冲周期事实上是从地面观测到的脉冲星体系沿轨道一周的脉冲周期的平均值。观测到的周期实际上会变化 1 微秒的十分之几，这个量远大于平均值的变化。这是一种多普勒效应，由此引出的结论是，被观测的脉冲星沿着一周期性轨道运动，这意味着它一定有一个同伴。当脉冲星朝地球而来时，脉冲达到地球更为频繁；当它离地球而去时，脉冲达到地球的频率变小。从脉冲周期的变化，可以得出脉冲星沿轨道运行的速率及该体系的其他重要特征。

引力波的演示

当人们对脉冲星体系追踪了若干年之后，得到一个非常重要的观测结果。在其之前是脉冲星刚发现不久就作的一个理论预言。人们发现，轨道周期正在减小：两个天体在越来越紧缩的轨道上互相绕着旋转，旋转得越来越快。变化是非常小的。相当于轨道周期每年大约减小 1 秒的百万分之 75，但是通过时间足够长的观测，它还是完全可以测量的。这一变化之所以会发生，根据爱因斯坦在 1916 年对相对运动的质量所作的预言，是因为这个体系正以引力波的形式发射能

量。根据最近的数据，相对论得到的理论计算值与观测值相符在千分之五以内。这一效应最初的报告是泰勒及其合作者在 1978 年末，即在报道脉冲双星被发现的四年之后作出的。

轨道路径的观测值与理论计算值之间相符甚好，可以看作是引力波存在的间接证明。我们也许必须等到下一世纪才能直接演示它们的存在。为了直接观测冲击到地球的引力波，开展了许多长期的研究课题。因为太弱，脉冲双星发射的辐射用现有的技术还很难测到。然而，当双星(或脉冲双星)中两个天体彼此靠得如此之近，致使它们在互相靠拢时，物质的强烈干扰也许会引起在我们这里有可能观测到的引力波。人们还希望能够观察到宇宙中其他许多剧烈事件。引力波天文学是观察天文学中最新的，迄今为止还未得到证明的一个分支，它的最直接的先导是中微子天文学。引力波天文学可能是第一项观测技术，其基本原理最先在天文学范围内得到检验。天文学所有以前的观测技术都是以与地球相关而首先得知的一些物理现象为依据的。

诺贝尔物理奖获得者简介

赫尔斯(Russell A. Hulse): 1950 年 11 月 28 日生于纽约，美国公民。1975 年获麻省理工学院博士学位(物理学)。赫尔斯是美国物理学会和美国天文学协会会员。

泰勒(Joseph H. Taylor, Jr): 1941 年 3 月 29 日生于费城，美国公民。1968 年获哈佛大学博士学位(天文学)。泰勒是许多团体的成员，其中包括美国科学院、美国物理学会、美国天文学会和无线电科学国际联合会。

物理学家的金钱观

梅 清

物理学家之所以能获得成功，除了他们的拼搏、向上、苦干、巧思之外，还在于他们不喜欢名，不喜欢利，只爱安静地做科学工作。对于金钱，视若粪土；对于争名争利，则深恶痛绝。这里列举几位物理学家的言行，通过它可明白他们的金钱观，这对于后学者们，会有所裨益。

1 居里夫人不求利

镭在科研与应用两方面，都有着广泛的用途。当时许多国家都在计划开采，寻找有放射性的矿物，促使制镭工业很快发展起来。对镭的发现有着特殊功劳的居里夫妇认为：镭是一种元素，属于全人类，任何人无权从镭牟利致富。他们创办《镭学杂志》，毫无保留发表他们的研究成果，随时向世人公开他们提镭方法。在他们具体指导下，法国建立起世界上第一个制镭工厂；在实验室先后十几年制备的 1 克多镭，价值十万

美金，全部归镭学研究所所有；两次到美国接受妇女界献给的两克镭，一克给在华沙的以她命名的镭学研究所，一克给法国镭学研究所。

今天的人们也许很难理解，为什么自己发现的成果，不给自己，也不留给后代。我们还是听听居里夫人自己的回答吧。她说：“有些朋友对我说起，如果比埃尔·居里和我保留了我们应得的专利权，那么早已能够有充分财力来创设完善而美满的镭学研究所，并可避免我们两人以前和我现在所遭受的种种困难。他们的话并非毫无理由，但我仍坚信，我们放弃专利永远是正当的行动。”

在严济慈先生的《居里和居里夫人》专著中，还载有居里夫人如下耐人寻味的讲话：“人类需要善于经营的人，他们善于谋自身的利益，但同时也应该不损害大众的利益。人类更需要梦想者，他们一心追求一种大公无私的事业的发展，因而无暇兼顾个人的物质利益。人们尽可以说，这些梦想者不配享受财富；事实上，他们压根儿不希望享受。但是一个组织得好的社会应该把完成工作所需的有效条件给予这些工作者，使他们不受物质缺乏的困扰，而能无牵挂地专心从事科学研究”。