



十分之一秒内会释放出约 10^{30} 尔格的能量。这个数字从天文学角度看是微不足道的，但仍相当于大约一百万颗一百万吨级的核弹同时爆炸时放出的能量。

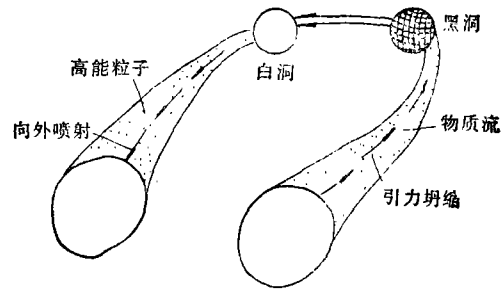
近二十年来，黑洞在天文学和天体物理学中占据了重要席位。相比之下，白洞却一直备受冷遇，被许多人忽视。白洞也许是现代宇宙的伊始，在解释广阔宇宙的种种现象时应与黑洞一样占据重要席位。

宇宙的一个基本特征是，物质不是单向衰老而消失，而是不断循环转化，黑洞状态是物质坍塌的端点，进入黑洞的物质并非被消灭，它们经过黑洞白洞的联通转化到白洞状态。理论研究表明，白洞奇点也可能是“现代宇宙”的伊始，球状星团比如塞佛特星系(Seyfert galaxy)的爆发核也许是白洞的产物。

白洞概念的提出

白洞概念最早是60年代初由诺维可夫和尼曼等人根据爱因斯坦方程的时间反演不变性而提出来的。白洞是黑洞的逆过程，半径小于其引力半径的球形天体，其中心奇点周围的高密度物质向外膨胀而喷射，这种反坍塌过程实际上就是指白洞。黑洞是宇宙中的收缩区域，吞食物质和光的“陷阱”，各种物质乃至光线坍缩进这个“井”里。白洞是宇宙中的膨胀区域，发射物质和辐射能量的“源泉”，各类高能物质乃至光线从这个“泉”里涌向宇宙。

图1 白洞图象



白洞图象

在研究黑洞时人们利用了史瓦西度规，当 $r=0$ 和 $r = \frac{2GM}{c^2} = r_s$ 时，度规出现奇异性，前者叫中心奇点，后者叫史瓦西奇点。从黑洞概念过渡到白洞概念时需要更恰当的度规。1960年 Kruskal 找到了能够消除史瓦西奇点(中心奇点不能消除)的最完备的度规，利用这种度规描绘白洞图象较为恰当。

白洞是向外喷射物质极强烈的致密星体，白洞内的超密物质是由引力坍塌而形成黑洞时获得的，这种物质由于其内部微观运动导致处于膨胀状态。在膨胀宇宙中任何一种高能过程都同黑洞有关的结论似乎欠妥，假若我们现代宇宙学的理论概念都是正确的，那么至少在宇宙创生初期存在一个白洞，而且我们人类正生活在由它创生的宇宙之中。

黑洞视界周围自发产生着成对的粒子，假如一个粒子是电子，那么对应的反粒子是正电子，物质与能量相互转换、自发产生的粒子与其他粒子相互碰撞和湮没，它们的质量再转换成电磁辐射能量。黑洞的一个奇特特征是，当一个粒子落入黑洞后它可能在中央奇点附近具有负束缚能量的轨道上运动，因为任何东西都不能从黑洞逃逸出来，所以落入黑洞的粒子永远留在这个轨道上，造成能量的损失，同时这一损失的能量被另一些粒子所获得(总能量守恒)，这些粒子凭借这一能量飞向无限深的中心奇点。如果多次重复此过程，黑洞的视界不断膨胀，同时以超光速粒子光子和中微子等高能粒子的形式向外辐射出能量。当黑洞的能量(质量)减少到一定程度，它的引力势能不能再维持视界表面，极高度被压缩的炽热物质冲破视界表面向外喷射，正象火山爆发一样，这就是我们所说的由黑洞转化而来的白洞。

白洞象一个质量为 M 的活动着的致密星体， M 随物质的外流而减少，然而白洞内的物质并非都能“跑”到外部宇宙中，不具备足够能量的延迟核仍留在中心奇点处，这种延迟核称为“灰洞”。自奇点射出的物质在边界附近与入射物质发生碰撞和相互湮没，因为对于一个外部观察者而言，物质向黑洞流人的过程和由白洞向外流出的过程是无法区别的。白洞的几何边界也由其引力球面来决定，这个球面不再是视界了，白洞的外部空间与黑洞的外部一样也是一个引力源，它要吸引别的天体，也被其它天体所吸引。由于白洞附近引力场很强，辐射的电磁波和光线发生紫移，结果在白洞边界附近形成一层紫壳物质，由白洞喷射出来的高能粒子与此物质层发生很强的相互作用，根据这一现象探测白洞是可能的。

当一个黑洞接近其寿命的终点时，以极高的速度辐射能量。据估计，一个质量约 10^{13} 克的黑洞在最后

由于物质坍塌而流向黑洞，所以外部观察者要看到视界附近有无量红移现象。与黑洞相反，由于白洞内部物质膨胀而向外喷射，所以外部观察者要看到边

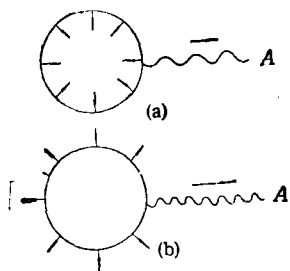


图2 (a)物质引力坍缩形成黑洞,此时产生红移。(b)高能物质向外喷射形成白洞,此时产生紫移。A为外部观察者

界附近有紫移现象,当然也有些红移,但紫移远超于红移。因此由多普勒紫移造成的时间加速效应比引力场所产生的时间延迟效应更强,由此可见,白洞辐射的物质具有紫移特征。

白洞与外部既无强相互作用也没有弱相互作用,只是通过它的引力场和电磁场作用于外界。根据来自白洞的信息和高能粒子数可以求得它的高能辐射能谱,我们已经知道,从黑洞最多只能提取它总能量的29%,相比之下,从白洞提取能量既多又容易。然而,白洞的信息并非都能传播到外部宇宙中,一些信息不能通过“喉”仍留在那里,将这种“喉”称为“虫洞”。

白洞的演化

由于白洞的吸积作用,在它边界周围形成越来越厚的物质层,此物质层可改变白洞外部时空结构,使整个体系的引力表面往外推移,结果原来的白洞就被一个新产生的边界所包围,此时在远处的观察者看来,它就变成了黑洞。理论计算表明,发生这种转化所需要的时间很短,大约 $\Delta t = 2 \times 10^{-3} \frac{M}{M_{\odot}}$ 秒,这就说明在

Δt 时间内紫壳的引力场变成了主要的。1974年美国加州工学院的厄得勒曾发表文章,公布了他研究的结果:在白洞附近的物质要被压缩,光子也被压缩得变紫些。他将白洞附近被压缩物质的高能状态称为“紫色薄膜”,这个薄膜迅速形成自己的视界,很快使白洞转化为黑洞。对于一个10倍于太阳质量的白洞而言这种转变发生在百分之几秒之内,只有在极特殊条件下,白洞才有可能不被这种“紫色薄膜”所吞食。如果考虑到奇点附近强引力场所产生的粒子创生量子效应,白洞质量要变到太阳质量 M_{\odot} 时它的寿命将会终结,它很快(大约只有 10^{-3} 秒)就要爆炸,我们宇宙中的一些星团可能是这种爆炸的产物。

关于白洞起源至今仍有两种不同的看法,一种是白洞由黑洞转化而来的观点,由上所述基本属于这一类。另一种是白洞来自宇宙大爆炸的观点,这一部分科学家认为,黑洞转化为白洞似乎不可能。从数学上看,白洞和黑洞虽然都是爱因斯坦引力场方程的两个互为时间反演的解,但它们的初始条件不同,因而是两个不相关的解,是不可能转化的。假若白洞是宇宙大爆炸的结果,那么由白洞喷射出的高能物质从何而来?

凭空喷射物质岂不违反守恒定律? 这些问题需要进一步探讨。



我的教学生涯

胡玉章

自从1936年毕业于南京大学前身金陵大学物理系后,就开始讲授物理学课程。先在金大附中即金陵中学讲授物理学。1937年随金大西迁到四川,就在金大

物理系讲授物理学,兼任金大理学院电化教育专修科教师,直到1946年。1946年到1955年先后在英国、美国和南美洲等国家,学习他们在教学上(特别在物理学教学上)应用电化教育的理论和实践经验及其管理方法。1956年回到祖国大陆,被分配到南京大学物理系任教,可惜那时国内大学里的电化教育几乎为零,于是从1956年开始,除讲授物理学课程外,还研究教学法和研制物理教学方面的教学演示仪器,并先后独立制造出多种国内首创的教学演示仪器,还将部分演示仪器制成用英语解说的录像磁带,在欧洲国际力学会议上演示过。(编者注:此系胡玉章先生为本刊《导师纵横录》所撰写的文稿,标题为编者所加。)

代邮:需订阅1992年本刊者,请以每份10元邮寄至:北京918信箱秋埔收。

物理学上的重大实验

物理学离不开实验。在物理学发展过程中,产生了许多重大实验。了解并重温这些著名实验,也许对今天的人们掌握现代物理知识有一定帮助。

物理学重大实验有:浮力、落体、真空、日心说的验证、万有引力的验证(力学部分);光的反射与折射、光的色散、牛顿环、杨氏干涉实验、菲涅耳衍射实验、光的偏振、光速测定、激光诞生(光学部分);气体定律、伦福德-戴维实验、热功当量测定、布朗运动、气体液化与绝对零度(热学部分);小地球实验、莱顿瓶的发明与富兰克林实验、伽伐尼-伏打实验、库仑电秤、欧姆定律、电流磁效应、法拉第电磁感应与电解定律及磁致旋光效应、电的同一性、电磁波(电磁学部分);阴极射线、电子的发现、X射线及放射性的发现、塞曼效应、密立根油滴实验、镭的发现、 α 粒子散射与原子有核模型、黑体辐射与量子概念、迈克尔逊-莫雷实验、光电效应、X射线衍射、康普顿效应、电子衍射、氢光谱规律、同位素、弗兰克-赫兹与斯特恩-盖拉赫实验、中子、镭裂变、正电子、宇称不守恒、穆斯堡尔效应、质子衰变、 J/ψ 粒子发现(近代物理部分)。

(清明辑)