

引力波和引力透镜

李远略

(韩山师范学院物理系 广东 521041)

引力是物质世界的一种客观属性。大科学家牛顿以精确的数字形式表达了万有引力定律,建立了人类对引力认识的第一座里程碑。后来,牛顿引力理论对解释一些天体物理问题却遇到了困难。爱因斯坦于1916年提出了著名的广义相对论,其中预言宇宙中存在着“引力波”。

引力波即引力的波动,它与引力的强弱变化有关。引力波可由加速运行的物质产生,其传播速度应等于光速。在理论上,任何运动的物质都会产生引力波。比如,如果你把一只台球悬挂起来,使它像打秋千似的荡来荡去,当它荡到比较靠近你时,其引力作用比离你较远时更为大些,就形成引力波。换句话说,球的摆动,使它的引力发生一种像波那样起伏的变化。实际上,这种波的强度是极其微弱的。要产生较强的引力波,物体的质量必须较大。所以说,只有巨大的恒星坍缩或爆炸时所产生的引力波才可能被观测到。从理论上讲,如果某个大质量天体加速(比如说,围绕第二个质量天体)运行,就会产生一种以光的速度向外扩散的引力波。但迄今为止尚未直接观测到引力波,更不用说测定其速度了。

在爱因斯坦预言引力波存在之后的许多年中,科学家做了不少实验来搜寻引力波。美国马里兰大学的韦伯教授是第一个(从50年代开始)认真进行引力波测定工作的人。韦伯把一个大铅桶悬在真空中,使它冷却到接近绝对零度(-273°),然后测定来自天空的引力波穿过铅桶时所引起的微小膨胀和收缩。后来,国际上许多研究者都效仿韦伯研究引力波。遗憾的是人们始终未能直接搜寻到引力波。其根本原因在于引力波效应极端微弱,使得处理分析引力波的一些具体技术问题困难重重。

1974年10月,在波多黎各的阿雷西博射电天文台,美国科学家泰勒等人应用世界上最大的射电望远镜,发现了一颗脉冲星——PSR1913+16,这颗距地球16000光年的星竟以每秒300千米高速与一个黑暗的伴星互绕转动,但其转动周期在4年中缩短了0.4毫秒(即每年缩短0.1毫秒)。这意味着,它的能量由于不断辐射引力波而在逐渐地损耗。泰勒把观测值与根据广义相对论理论计算值相比较,发

现符合得很好。双脉冲星的轨道变化获得的间接证据表明,加速的质量能够产生引力波。脉冲星沿着彼此交织的非常小的轨道快速运行,如果它们以引力辐射的形式放射能量,会以螺旋形彼此围绕着运行。

美国加利福尼亚理工学院有人提出用激光“天线”来探测引力波,其方法是使激光束往返于地球与月亮之间,当引力波通过时,可测量这两个天体之间距离微小的改变。有的理论物理学家估算,银河系中每年至少有一次因星球的坍缩引起的重大引力波事件;在一年中,由于黑洞吞掉物质应当产生10次到15次引力波的巨大变化。虽说引力波测量非常困难,但大多数物理学家确信引力波是存在的。

透镜是光学术语,日常生活中用的放大镜是人们常见的一种透镜,折射望远镜利用透镜来聚集和放大来自遥远天体的光,地面上的天文学家借助于巨型光学望远镜把遥远天体发出的光折射放大,以窥探宇宙深处的秘密。“引力透镜”(图1)是什么?引力怎么会成为透镜呢?

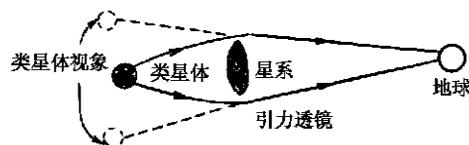


图1 引力透镜示意图

1915年,爱因斯坦在其广义相对论中推断:当一束光线通过一个有相当质量的物体近旁时,它受到引力作用会发生偏折。例如,来自太空的光线本来是沿直线前进,在经过太阳附近时,由于受到太阳的引力作用,其行进角度就会向太阳方向弯曲1.8角秒。

1919年的那次成功的日全食观测,使爱因斯坦的理论预言得到了证实,英国天文学家爱丁顿等人参加了那次日全食观测。爱丁顿利用日全食这一机会,把恒星在太阳附近时的位置与不在太阳附近时的位置作了比较,结果发现太阳圆面边缘的恒星明显地稍微“偏离”了原来的位置。由于这种现象同光学透镜原理相似,故把改变光线路径的万有引力场

称之为“引力透镜”。近年来,人们已经知道,引力透镜对星系的视亮度也会产生影响。上述这些由于万有引力场而产生的现象称为“引力透镜效应”或者叫做“宇宙蜃景。”

人们发现的宇宙深处第一个引力透镜例子是在1979年3月,当时由英、美两国天文学家组成的小组,使用美国亚利桑那州基特峰国立天文台2.1米口径的天文望远镜,观测到0957+561A和0957+561B这对类星体靠得很近,它们的光谱非常相似,红移量都是1.405,射电流量密度也相近,距离地球约105亿光年,并且均以每秒20万千米的速度远离我们而去。经过研究分析,他们提出,这对“双类星体”实际上是一个类星体的两个像点。考虑到大多数天文学家认为类星体的红移也是由于多普勒效应引起的,他们推测这对类星体远离我们的退行速度应为光速的70.7%,即21万千米/秒。若采用标准宇宙模型,则它们距我们远达130亿光年,根据它们之间的角距离可以推算,它们彼此相距约15万光年。对宇宙尺度讲,这个数值是很小的,与一般星系的直径差不多。一个类星体呈现两个像点的原因在于,在靠近这个类星体的地方有一个昏暗的星系,是它的引力场把这个类星体发出的光折射、分离和扩大了。类星体十分遥远(一般距地球几十亿光年以上)却十分明亮,其光学辐射是普通星系的上百倍。因此,它为人们寻找引力透镜的观测实例提供了可能。

天文学家研究认为,如果引力透镜本体不是点源而是扩展的星系,那么引力透镜就接近于普通的透镜,通过它中心的光线不发生偏折;稍微离开中心的便发生偏折;在某个特定距离上则偏折最大,从这以后就同点源的情形一样,偏折点逐渐减小,结果产生1个至3个像。在“引力透镜效应”的情况下,有一个从地球上看来天体透镜的最大夹角,当透镜落在最大夹角以外的時候,便只能见到一个像;当透镜落在这个夹角内时,一般可以看到两个像;而当透镜接近天体的时候,可以由于透镜内物质分布的特性而产生第3个像。

近年来,哈勃空间望远镜拍摄到一些令人惊叹的宇宙引力透镜的照片。1996年,哈勃空间望远镜借助于引力透镜探测到一个距离最远的天体,那是一个遥远的星系,它是宇宙大爆炸几亿年后形成的,其红移值为4.92。哈勃空间望远镜所借助的“透镜”是大熊座的一个距离约30多亿光年远的星系。

大量的天文观测事实表明,从太阳系天体到河外星系,天体之间的相互作用是客观存在的。简单一点说,一切天体似乎都是吸引和排斥的统一体。恩格斯在其划时代的著作——《自然辩证法》中指出:“一切运动都是和某种位置移动相联系的,不论这是天体的、地上物体的、分子的、原子的或以太粒子的位置移动。……物质没有运动是不可想象的。其次,既然我们面前的物质是某种既有的东西,是某种既不能创造也不能消灭的东西,那么运动也就是既不能创造也不能消灭的。只要认识到宇宙是一个体系,是各种物体相互联系的总体,那就不能不得出这个结论来。”

科苑快讯

NASA 将按新方式观测地球表面

美国宇航局(NASA)已为研制新一代遥感地球传感器的9项新研究计划拨款,拨款是在NASA目标计划IIP(Instrument Incubator Program)范围内完成,最近3年进行的科研总经费为2200万美元,这9项计划是从入围NASA审查的28项提案中挑选出来的。

利用新型传感器将有可能对像监测沿海地区这样的重点区域进行研究,并能研究地球内部的地质作用过程和地表板块的相对位移,测定冰雪覆盖层厚度,分析工业污染引起的作用过程,以及研究水在自然界中的循环。

在优先考虑的工艺中是利用超光谱衍射分光计研究地球对流层中污染物的化学成分,新一代分光计也能测定分布于地球固定轨道上卫星处的大气温度和湿度的改变。现代微波辐射计和卫星雷达能测量冰雪覆盖层厚度、降水量和气候作用过程实时变化,利用这些仪器还能实现火山活动、地震以及各种自然界危险现象乃至地球固定轨道的监测。科学家还提出利用这些仪器对秤动点(在此点上,在质量相当大的其他两个天体引力作用下运行的天体与这两个天体处于相对平衡状态,例如每个脱罗央群小行星都位于秤动点附近)进行测量,其中包括位于离开太阳对面地球150万千米的L2。位于秤动点的装置能不断除去地球大气中的气体成分含量。新一代卫星雷达能测定地壳的形变,也能测定地球引力场的快速变化。

(周道其译自俄《科学与技术》2003/1/5)