

通常可以用两种等价的方式来描述中微子。一种描述方式与中微子的质量相关,每种中微子对应一个确定的质量,称为质量本征态。另一种描述方式与中微子的相互作用相关,即电子中微子、 μ 子中微子和 τ 子中微子,称为味道本征态。两种描述方式可以通过确定的混合角联系起来。测量这些混合角对于我们理解基本粒子的性质是非常重要的。很显然,太阳中微子为我们建立一种更全面的基本粒子理论提供了非常有用的线索。

另一方面,SNO 和超级神冈实验观测到的中微子数量与太阳模型的计算结果一致,这再次表明后者是正确的。太阳确实是由于发生了太阳模型中所描述的核反应而发光发热的。太阳中微子难题的解决也是天文学的一次胜利。40年前,当最初的太阳中微子实验结果发表时,没有人想到会出现今天这种结局。

为了准确地计算太阳内部核反应所释放的中微子,许多复杂的现象还需要更为详细的研究。比如:①太阳内部发生的一系列热核反应,这些反应很难从实验的角度观测;②高温高密度下能量的传输机制;③太阳内部物质的状态。因为太阳中心温度比地球上的温度高5万倍,中心物质密度大约是水的100倍,所以太阳内部物质的状态在地球上无法直接研究。④测量太阳表面重元素的丰度,以及丰度随太阳半径的变化。所有以上提到的这些问题还有待进一步研究,并需要准确的定量计算。

高能太阳中微子的数量可以通过量子力学计算

出来,其结果对于太阳中心温度十分敏感。太阳中心温度1%的误差就会导致计算出来的高能中微子数量有30%的误差,中心温度3%的误差就会使计算出来的中微子数量误差达到两倍。这种对温度的敏感性主要是由于带电粒子必须通过碰撞来产生高能中微子,而带电粒子之间的排斥力非常强。这样一来,只有一小部分核碰撞可以克服排斥力达到足够近的距离以产生核聚变反应。这一小部分核碰撞所占的比例对温度十分敏感。尽管太阳模型对温度特别敏感,它还是相当精确地预言了产生高能中微子的数量。

过去的40年来,通过全世界数以千计科学家的不懈努力,人们已经弄清楚了太阳是如何发光的。人们可以利用对太阳的研究结果来解释观测到的遥远星系,因为这些星系也都包含许多恒星。人们还可以由太阳发光和演化理论来研究宇宙的演化。

另外值得一提的是,利用太阳中微子还可以测量太阳的总辐射亮度。目前对太阳总亮度的估计只考虑了光子。如果太阳内部的能量是唯一由图1所示的核反应释放的,则对中微子和光子的测量所得出的太阳亮度应该一致。如果太阳内部存在着其他的能量来源,其能量释放过程目前还不清楚,则通过探测中微子和光子得出的太阳亮度就会有显著的不同。如果这一点被证实了,将会是一个革命性的发现。

(本文根据约翰·白考(John Bahcall)的 *Solving the Mystery of the Missing Neutrinos* 一文编译改写,有删节。)

科苑快讯

洛斯阿拉莫斯实验室研制
太空用核反应堆

美国宇航局准备在2011年向木星发射研究其3颗被冰层覆盖的卫星——木卫四、木卫三、木卫二的Jupiter Icy Moons Orbiter(JIMO)太空探测器上安装一台电离发动机,发动机能量将由核反应堆提供。选取这样的方案是因为,太阳能电池板产生的电能(木星区域的太阳光远比地球上少)不能满足JIMO探测器整个系统的完全需要。

显然,对安装在太空探测器上的核反应堆在质量上有严格限制,以便能使支载火箭将探测器送入预定轨道。此外,太空核反应堆应足够安全(不能在发射火箭时产生像切尔诺贝利核电站灾难那样的事故)和可靠(因为它要在开放太空和强烈木星辐射条件下运行10年以上),可见JIMO探测器面临的一个

最主要问题就是核反应堆的质量问题。

为使JIMO探测器上的科学仪器能正常工作需要几千瓦的电功率,需要离子发动机工作保持在100千瓦的功率,JIMO探测器借助于离子发动机飞抵木星周围,并能在木星卫星之间作机动飞行。不仅如此,在JIMO探测器上还计划安装足够大功率的通讯系统,以便将获得的科学信息传送回球。

但是应注意到,美国最后一次向太空发射安装有核反应堆的探测器是在1965年,因此研制新型探测器不得不几乎从零开始。这项研制工作已经由美国洛斯阿拉莫斯科学实验室承担,按计划JIMO探测器上的核反应堆原型应在2年后完成。

(周道其译自俄《航天世界》2004/2/28)