# 第十九章 8 粒子和宇宙

## “基本粒子”不基本

直到19世纪末，人们都认为原子是组成物质的不可再分的最小微粒。后来发现了电子、质子和中子，并且知道了原子核和电子组成了原子，质子和中子组成了原子核。于是许多人认为光子、电子、质子和中子是组成物质的不可再分的最基本的粒子，并把它们叫做“基本粒子”。然而，随着科学的进一步发展，科学家们认识到这些粒子并不“基本”。这是因为，一方面，科学家们逐渐发现了数以百计的不同种类的新粒子，它们都不是由质子、中子、电子组成的；另一方面，科学家们又发现质子、中子等本身也有自己的复杂的结构。所以，从20世纪后半期起，就将“基本”二字去掉，统称为粒子。

## 发现新粒子

从20世纪30年代以来，人们在对宇宙线的研究中陆续发现了一些新的粒子。1932年发现了正电子，1937年发现μ子，1947年发现了K介子和π介子。后来还发现了一些粒子，质量比质子的质量大，叫做超子。

1932年发明了加速器，它能使带电粒子加速到很高的能量，人们用它可以进行许多核物理实验而不再依赖天然的宇宙射线，于是发现了更多的粒子。实验中发现，对应着许多粒子都存在着质量与它相同而电荷及其他一些物理性质相反的粒子，叫做反粒子。例如，电子的反粒子就是正电子，它的电荷量与电子相同，但带的是正电荷。质子的反粒子是反质子，它的电荷量与质子相同，但带的是负电荷。现在已经发现的粒子达到400多种。按照粒子与各种相互作用的关系，可以将粒子分为三大类：强子、轻子和媒介子。

**图19.8-1 加速器**

最初发现的介子的质量介于核子与电子之间，故称介子。但后来发现一些新的粒子，它们的性质应该属于介子，但质量比核子还大。不过介子这个名称沿用下来了。

### 强子

强子是参与强相互作用的粒子。质子是最早发现的强子。强子又分为介子和重子两类。

### 轻子

轻子是不参与强相互作用的粒子。最早发现的轻子是电子，后来发现的轻子有电子中微子、μ子和μ子中微子、τ子和τ子中微子。每种轻子都有对应的反粒子。目前发现的轻子只有这6种，其中τ子的质量比核子的质量还大，但从力的性质上讲它仍然属于轻子。现代实验还没有发现轻子的内部结构。

### 媒介子

媒介子是传递各种相互作用的粒子，如光子、中间玻色子、胶子。光子传递电磁相互作用，中间玻色子传递弱相互作用，胶子传递强相互作用。

## 夸克模型

许多实验事实表明，强子是有内部结构的。1964年提出的夸克模型，认为强子由更基本的成分组成，这种成分叫做**夸克（quark）**。夸克模型经过几十年的发展，已经被多数物理学家接受。夸克有6种，它们是上夸克、下夸克、奇异夸克、粲夸克、底夸克、顶夸克，它们带的电荷分别为元电荷的＋或－。每种夸克都有对应的反夸克。到目前为止，人们已经从实验中发现了所有6种夸克及其反夸克存在的证据。

夸克模型的提出是物理学发展中的一个重大突破，它指出电子电荷不再是电荷的最小单元，即存在分数电荷。目前人们对夸克的认识还是很初步的，科学家们直到今天都还未捕捉到自由的夸克。夸克不能以自由的状态单个出现，这种性质称为夸克的“禁闭”。能否解放被禁闭的夸克，是21世纪物理学面临的重大课题之一。

## 宇宙的演化

物理学中有一个非常有趣的现象：研究微观世界的粒子物理、量子理论，与研究宇宙的理论竟然相互沟通、相互支撑。正如诺贝尔物理学奖获得者格拉肖所说：“隐藏在原子内心的，是宇宙结构的秘密。”

根据宇宙大爆炸的理论，在宇宙形成之初是“粒子家族”尽显风采的时期。在大爆炸之后约10-44 s，那时的温度为1032 K，产生了夸克、轻子、胶子等粒子。大爆炸后约10-6 s，温度下降到1013 K左右，夸克构成了质子和中子等强子，成为强子时代。再晚一些时候，温度下降到1011 K时，只剩下少量夸克，而自由的光子、中微子和电子等轻子大量存在，此时代称为轻子时代。当温度下降到109 K时，中子和质子结合成氘核，并很快生成氦核，同时有氚核、氦3等轻核及其他轻核生成，此时成为核合成的时代。目前宇宙中存在的大部分氦是那时形成的。大爆炸l万年之后，温度降到了104 K，此时的宇宙由电子、质子和氦核的混合电离气体组成。当温度降到3 000 K时，电子与质子复合成为中性的氢原子。继续冷却，质子、电子、原子等与光子分离而逐步组成恒星和星系。

## 恒星的演化

根据大爆炸宇宙学，大爆炸10万年后，温度下降到了3 000 K左右，出现了由中性原子构成的宇宙尘埃。某些尘埃间的距离相对近些，由于万有引力的作用，形成了更密集的尘埃。尘埃像滚雪球一样越滚越大，形成了气体状态的星云团。星云团的进一步凝聚使得引力势能转变为内能，温度升高。温度上升到一定程度就开始发光。于是，恒星诞生了。

这颗星继续收缩、继续升温。当温度超过107 K时，氢通过热核反应成为氦，释放的核能主要以电磁波的形式向外辐射。辐射产生的向外的压力与引力产生的收缩压力平衡，这时星体稳定下来。恒星在这一阶段停留的时间最长。太阳目前正处于这一阶段的中期，要再过50亿年才会转到另一个演化阶段。

当各种热核反应都不再发生时，由热核反应维持的辐射压力也消失了。星体在引力作用下进一步收缩，中心密度达到极大。

**图19.8-2 星空**

恒星最后的归宿是什么？这与恒星的质量大小有关。天体物理的研究表明，如果恒星的质量小于1.4倍太阳质量，它会演变为白矮星，即体积很小，但质量不太小的恒星。如果恒星的质量是太阳质量的1.4～2倍，更强大的压力使得原子被“压碎”，电子和质子被压在一起，整个恒星成为中子组成的天体，叫做中子星。当恒星的质量更大时，其内部的任何物质都无法抵抗巨大引力产生的压力，物质被“压”成了更为神奇的天体——黑洞。要进一步了解白矮星、中子星、黑洞等天体物理学知识，同学们可在科普书籍、杂志和互联网上查找。

## 科学足迹

**华人科学家在粒子物理领域的杰出贡献**

一批华人科学家在粒子物理领域有着众多举世瞩目的重大贡献。

在所有粒子物理发展史专著上都会提到华人科学家赵忠尧、王淦昌、杨振宁、李政道、吴健雄、丁肇中等的成果。他们是粒子物理天穹上耀眼的巨星。

赵忠尧院士于1929～1930年发现硬γ射线在重元素中的反常吸收。

王淦昌院士1942年提出证实中微子存在的一种实验方案：观察轻原子K俘获过程中的核反冲。半年后，美国物理学家阿伦照此方案进行实验，找到了中微子。王淦昌还预言在100亿电子伏特质子同步加速器上有可能找到反超子，并于1959年找到了一个与反西格玛负超子有关的事例。

1956年，杨振宁和李政道提出，在弱相互作用过程中宇称不守恒，并提出了实验验证的建议。1957年，吴健雄领导的小组在60Co的β衰变中证实了宇称不守恒的论断。不久，宇称不守恒在其他弱作用过程中也得到了证实。为此，李政道、杨振宁获得1957年的诺贝尔物理学奖。

1974年，丁肇中领导的小组发现了一种新的粒子。这种粒子有两个奇怪的性质：质量大，大约是质子质量的3.3倍；寿命长，比一般介子的寿命长5 000倍。这个发现证实了人们对存在第四夸克——C（粲）夸克的预测。美国科学家里克特也在这一年独立地发现了这种粒子，丁肇中与里克特共获1976年的诺贝尔物理学奖。这种新粒子被命名为J/ψ粒子。

**作业**：查找华人科学家在粒子物理领域的更多成果和事迹，在课堂上交流。

## 问题与练习

1．请设计和绘制一个合理的表格，在表格中填上相关的内容，全面概括你对粒子分类的了解。

2．制作一个或两个方框图，描述宇宙演化和恒星演化的过程。