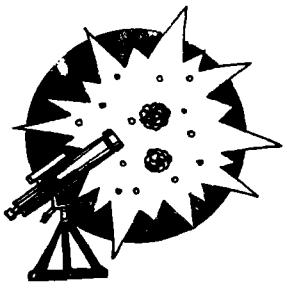

质 子 的 起 源

杨 大 卫

(河北师范大学 石家庄 050016)

朋友们大概已经了解人类和生物的起源与进化．如果我们逆着自然界演化的方向继续向遥远的过去追溯，那么还会发现所有的天体(地球、太阳系、星系等)以及组成它们的元素和粒子都有各自的来历．大而言之，甚至我们的整个宇宙也的确有它起源与演化的历史．这已为现代宇宙学的许多观测事实所证明．

宇宙发端于距今百多亿年前的一次"大爆炸"，起初不仅没有任何天体，而且没有粒子和辐射，只有一种单纯而对称的"真空态"以指数方式膨胀着(称之为暴胀，以区别于后来的膨胀)．今天自然界中的四种基本相互作用——万有引力、强力、弱力和电磁力，那时是不可区分的．随着宇宙的膨胀和降温，"真空"发生了一系列相变：在大爆炸后 10^{-43}秒，发生超统一相变，相变释放能量产生辐射和粒子，引力作用最先分化出来，而强、弱、电三种作用仍不可区分(夸克和轻子不断相互转变)；到 10^{-36}秒，发生大统一相变，强作用与弱作用分离(夸克与轻子异化)，进而形成粒子和反粒子间极小的(10^{-10})不对称；到 10^{-10}秒，发生电弱相变，弱作用和电磁作用分离；到 10^{-4}秒，发生了从夸克到强子的相变．这段演化史被称之为宇宙的极早期，它完成了辐射和粒子的产生以及四种基本作用力的分离．

到此，宇宙好比是一锅处于热平衡态的"混沌汤"——由 γ 光子和各种高能粒子、反粒子组成．它们在频繁碰撞中相互转化：

$$\gamma+\gamma\rightleftharpoons p^{+}+p^{-}、\quad \gamma+\gamma\rightleftharpoons n+\tilde{n}、$$

$$\gamma+\gamma\rightleftharpoons e^{-}+e^{+}、\quad \cdots\cdots.$$

至于究竟产生什么粒子或保留什么粒子，这要视当时的温度而定．

第四届全国中学生物理竞赛决赛(1987年)就有一试题谈到极早期宇宙中光子碰撞产生质子时的温度：

"已知绝对温度为 T 时，电磁场的光子平均能量约为 $3RT/N_0$，其中 R 为摩尔气体恒量，N_0 为阿伏加德罗常数．假设在宇宙演化初期，一对光子相碰能够产生一个质子和一个反质子，试估算当时温度的数量级．"

****

有开展创造性思维活动的教学过程，教师要善于提出问题，同时要鼓励学生勇于提出问题．珍惜学生思想上的"闪光点"．

2. 鼓励学生对问题进行合理猜测，培养直觉思维．即使学生的猜测是错误的，也应积极予以鼓励．

3. 加强对学生进行应变能力的训练．

4. 要激发学生的科学探索精神．

现代科学技术的迅速发展，促使人们的思维方式也发生了变革．现代科学技术的进展，也给人们提供了科学的创造精神．正如爱因斯坦所说：科学的创造性精神活动的开展，需要不断地争取两类自由：外在的自由和内心的自由．外在自由是指探讨科学知识的言论自由，内心自由是指思想上不受权威和社会偏见的束缚，也不受一般违背哲理的常规和习惯的束缚．没有这种勇敢的创造精神，就不可能有科学的繁荣和进步．随着现代科学技术的迅猛发展，世界正面临挑战，面对这样的形势，我们的思维只有运用新的思维形式，掌握新的思维方法，才能驾驶新的时代潮流．

人类能创造自己的太阳吗?

莫 恭 敏

(中国国际广播电台 北京 100040)

(续前)

第四篇 半个世纪的追求

怎样才能控制住桀骜不驯的聚变反应,使宇宙星体的核聚变反应得以在地球上实现,让人造的太阳乖乖地为人类造福呢?

我们已经说过,为实现受控聚变反应,需具备两个最基本的条件:一是参加聚变的物质(等离子体)必须获得异常高的温度,这是为使等离子体粒子(例如离子)能克服其间的库仑排斥力而进行聚变反应,正因为如此,这种反应被称为"热核反应";一是热能在等离子体中必须被约束足够长的时间,以利于聚变反应顺利进行.

氢的同位素氘(重氢)和氚(超重氢)的核聚合需要5000万摄氏度以上的高温,而氘核同氘核的聚合则需2亿摄氏度才能得以实现. 为实现受控热核聚变,各国科学家研究了用来产生等离子体并对等离子体进行加热和绝热的种种磁约束装置,其中最接近受控聚变条件要求的装置被认为是前苏联著名物理学家伊戈尔·塔姆和前苏联氢弹之父萨哈罗夫发明的托卡马克. 60年代末,苏联科学家在托卡马克T-3装置上首先获得了成功,把约1千万度高温的等离子体约束了数毫秒.

从70年代起,托卡马克装置成了国际上主导的核聚变研究装置. 许多工业发达国家投入

****

根据能量守恒定律,反应前光子的平均能量应等于反应后粒子(或反粒子)的平均能量(包括它的静质能 m_0c^2 和热运动能 $3RT/2N_0$),所以

$$3RT/N_0 \approx m_0c^2 + 3RT/2N_0, \quad (1)$$

即

$$T \approx 2m_0c^2N_0/3R.$$

做为数量级估计,可取

$$T \approx m_0c^2N_0/R. \quad (2)$$

这说明,如果宇宙温度高于(2)式判据所给的临界数值,则静质量为 m_0 的粒子及其反粒子就可以在热辐射场中不断产生、不断湮灭,它们将在动态平衡中大量存在. 而在相反情况下,则不足以产生这种粒子对,但已有的却可以湮灭掉. 故也将此临界温度称为湮灭温度.

将质子的静质量 $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$kg 代入(2),即可得该题的答案为 $T_p = 10^{13}$K. 仿此,亦可得到中子、电子等的湮灭温度.

进一步思考还会发现,如果当时宇宙中正、反粒子数完全对称,那么当宇宙继续膨胀、温度下降到湮灭温度以下时,正、反粒子对将会大规模地迅速湮灭殆尽,先前诞生的辉煌历程也就功亏一篑了. 那么在宇宙演化的历史上是如何避免这一悲剧出现的呢? 有兴趣的同学可以参阅本刊第6卷第1期,第15页郁忠强等的文章.

正是那些在正反物质大规模湮灭后残存下的质子、中子,后来构成了各种轻元素的原子核,再后来又与残存的电子复合成中性原子,……

有的朋友也许会觉得这有些不可思议,人怎么能了解这么久远的事情呢? 这正体现了科学的力量! 真正令人惊异的不是宇宙多么宏大久远、人类如何渺小短暂,而是人类1.5千克的大脑居然可以询问宇宙怎样产生、又怎样演化成今天的样子,并且竟找到令人满意的科学的答案. 这才是真正的奇迹! 当然,这个答案还远非完美,仍需人们继续努力探索.