

宇宙是如何创造出原子的?

宇宙太热创造不出原子

今天的宇宙结构确实令我们感到震撼,但是从大爆炸发生的那一刻起,整个宇宙经过了几十万年,都没有一个原子出现。为了创造它们,宇宙耗费了很长的时间,并且经过了复杂的演变。

宇宙诞生4分钟后,原子核就已经出现了。这时没有自由的中子,因为它们都已经合并到了较重的核中。这些较重的核是:氦-4(两个质子和两个中子)、氘(一个质子和一个中子)、氚-3(两个质子和一个中子)和锂-7(三个质子和四个中子)和铍-7(四个质子和三个中子)。

这时,宇宙中也存在着许多自由电子,它们的数量和质子数相当,从而使得我们的宇宙能够保持中性(不带电)。此时的宇宙实在太热、能量太大了,光子源源不断地从原子核和电子中散射出来,以至于任何东西都无法形成。

原因很简单:这些原子核没有足够的能量相互融合在一起形成更重的组合,而电子却因为能量过多无法被束缚到原子核上,因而无法形成原子。

实际上,对于稳定创造出中性原子来说,当时宇宙的能量过多了——到宇宙诞生几分钟时,温度仍然是几亿摄氏度。为了使创造出的中性原子是稳定的,温度必须降到几千摄氏度以下才行。

宇宙降温 为原子产生创造条件

当然,宇宙正在膨胀,这意味着身处其中的光的波长在被拉伸而不断冷却。但是要拉伸到大约10万倍才可以,这将需要很多时间。

随着时间的流逝,宇宙一直在膨胀和冷却。这时,铍-7开始产生放射性衰变。通过捕获电子,它缓慢地转变为锂-7。经过一两年后,铍-7几乎完全消失了(全部转变为锂-7)。时间继续流逝,氦-3也开始产生放射性衰变(通过发射电子),最后成为氦-3。

所有这些转型,耗费了大约100年的时间。然而,宇宙仍然太热而无法形成稳定的原子。因此,宇宙继续膨胀、冷却且密度在降低。

时间又经过数百年,光子的红移变得越来越厉害——超过其他粒子的10

亿倍,直到它们几乎失去了所有能量。

几千万年后,辐射密度下降到物质密度以下,这时,宇宙由被光速运动的辐射所控制转变为被慢速运动的物质所支配。基于这种变化,万有引力开始将暗物质拉成团块,这些团块越来越大,从而吸引了更多的物质。没有辐射可以分解、破坏这些团块,所以宇宙开始形成结构——我们的宇宙结构的雏形就在那时出现了。

但是那时宇宙还是太热而无法形成中性原子。每次电子成功与原子核结合时,都会出现两种情况:一是发出紫外线光子,因为原子会自然跃迁到较低能状态(自发辐射);二是受到其他粒子的轰击,其中之一是光子(宇宙中每个电子周围都存在十亿个左右的光子)。即使大爆炸后过了数万年,依然有足够的光子具有足够的能量,一

旦电子与原子核(无论是自由质子还是较重的原子核)结合,它会立即把它们炸开。

当大爆炸过后约30万年时,情况才开始发生变化。大爆炸中留下的背景光子开始变凉,以至于能量不足以立即将电子从其核中踢出。这时,具有极高能量的光子变得很少,比宇宙中的电子要少很多,只有不到十亿分之一的光子可以使中性原子产生电离。

这意味着中性原子从这时起开始形成,但是它们形成后要如何保留下来是个问题。

双光子跃迁 使宇宙获得中性原子

当形成稳定的中性原子时,它本身会发射出紫外线光子。这些光子会

以直线继续前进,直到遇到另一个中性原子,然后将其电离。所以,即使我们可以制造少量的中性原子,但它们无法保持这种状态,因为很快就会遭到破坏。

你也许会认为,如果这些紫外线光子在太空中传播足够长的时间,并不再与中性原子发生相互作用(没有机会碰到下一个中性原子),那么它们将发生红移(能量变小),这样就不能够再激发中性原子使其电离了。

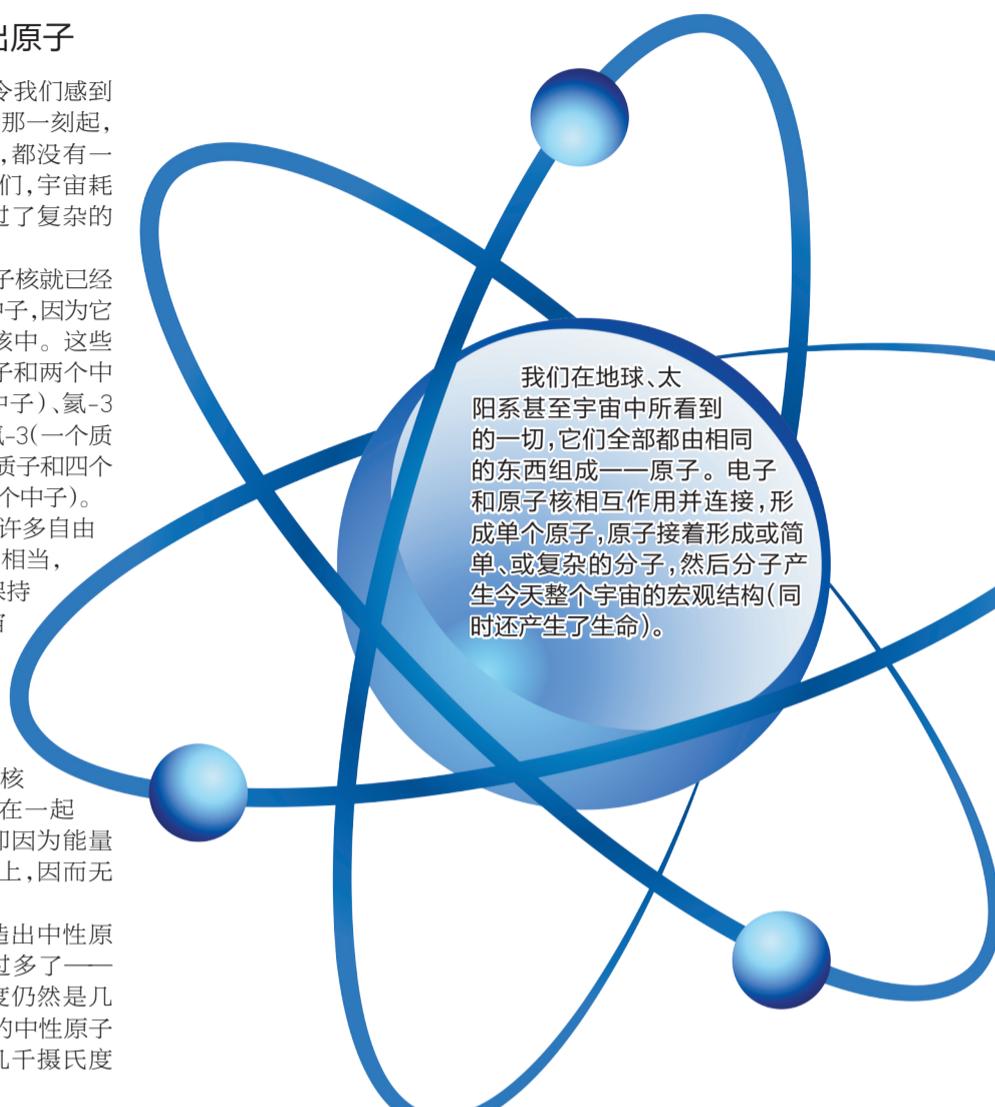
的确,这是一种可能的情况,但这仅仅是对宇宙中最初形成的百分之几的中性原子来说是如此。此外,还有以下这种情况。

通常,在氢原子中,当电子处在第一个激发态时,它会简单地下降到最低能量态,并发射一个特定能量的紫外线光子——莱曼 α 光子。但是,在一亿次跃迁中,会有一次的下降是通过不同的路径发生,即发射两个能量较低的光子。这被称为双光子衰变,或双光子跃迁。它是导致宇宙变为中性的主要原因——当一个正在形成的中性原子发射两个光子时,第一个光子撞击并电离附近的另一个中性原子后,第二个光子会将电离后的原子核和电子重新结合起来,产生新的中性原子,这时宇宙得到了一个额外的中性原子。

这就是宇宙如何创造出中性原子的故事。中性原子的产生这个过程很长,需要10多万年的时间,但这就是宇宙要做的事情。这种双光子跃迁虽然很少见,但却是首先形成中性原子的过程。它使我们的宇宙,从充满等离子,变为充满100%的中性原子。

尽管我们说宇宙是在大爆炸之后38万年开始形成这些原子的,但实际上,原子的形成是一个缓慢的、渐进的过程,该过程花费了大约10万年的时间。

一旦原子是中性的,大爆炸的光就不会散开,这就是“宇宙微波背景辐射”的起源。科学家从1964年开始首次探测到这种光,进一步证实了“大爆炸”理论的正确,并进入了现代宇宙学时代。在地球上的实验室中已经证实了双光子跃迁,我们观察到的现象代表了我们的理论预测与宇宙遥远的过去实际所发生的惊人的一致。宇宙花了50万年左右最终创造出中性原子,然后,万有引力开始将宇宙凝聚成团,最终,我们的宇宙故事已经准备好继续下一阶段。(本报综合)



我们在地球、太阳系甚至宇宙中所看到的一切,它们全部都由相同的东西组成——原子。电子和原子核相互作用并连接,形成单个原子,原子接着形成或简单、或复杂的分子,然后分子产生今天整个宇宙的宏观结构(同时还产生了生命)。

欢迎订阅 2021年《重庆科技报》

四开16版 全彩印刷
每周二、四出版

全年198元
半年99元

邮局订阅代号:77-9



《重庆科技报》是全国公开发行的报纸,国内统一连续出版物号:CN50-0033。

办报宗旨:宣传科技创新成就和科技工作典型经验,传播前沿科技资讯,培养创新文化,助推科技发展,提高全民科学素质。

主要栏目:《科技要闻》《科技创新》《科技服务》《科技生活》等。

咨询电话:023-63659853 传真:023-63658857

地址:重庆市渝中区双钢路3号科协大厦11楼