

宇宙起源与未来的探索

梁英贤 罗自林

(重庆师范高等专科学校物理系 重庆 402160)

以较弱的形式弥漫于宇宙,这种辐射今天应该是可以观测到的,只要辐射温度在开氏温标几度就可以。

一、有关宇宙起源的争论

宇宙的起源是目前科学界十分关注的问题。存在着多种模式,经过长期争论,大致可归纳为两种理论:一种是大家熟知的“大爆炸”学说;另一种为“稳恒态宇宙学理论”,该理论否认宇宙有起源。

1. “大爆炸理论”

“大爆炸理论”认为:宇宙创生于150—200亿年前的一次“原始火球”的大爆炸。爆发前的火球温度极高($> 10^{32}\text{K}$),有人推算出其线度只有几公里,质量密度大得惊人!火球内完全没有规律,处于“奇异”状态。这是目前较为一致的看法。

人类很早就开始探索宇宙的起源,提出了多种模式,其中尤以中国的理论较为科学,与现代理论较为吻合。

庄子在《天地篇》中记载:“泰初有无,无有无名”。

老子在《道德经》中记载:“道生一,一生二,二生三,三生万物。”

庄子和老子在这里均提出了有关“奇异”的问题。

现代宇宙学为“大爆炸”理论提供了可靠的观测事实和理论依据。

(1) “3K微波背景辐射”的发现

1965年,美国贝尔实验室的彭齐亚斯和威尔逊在研究星系的同步辐射时,测到一种“过剩天线噪音”,这种噪音均匀地来自空间各个方向,不随时间改变,十分稳定,经测定,这种噪音是绝对温度3K的微波段辐射。

普林斯顿大学皮伯尔斯教授认为:如果起源于大爆炸,那就需要有大量的辐射来阻止所有密集在一起的粒子聚变成重元素,从而留下足够的氢和氦以形成我们今天宇宙中的恒星和星系,随着宇宙的膨胀,辐射渐冷却下来,但仍

皮伯尔斯的预言被3K微波背景辐射所证实,这种背景辐射是大爆炸的“回声”(近代物理学最伟大的发现之一)。

(2) 哈勃定律

美国天文学家埃德温·哈勃(1889—1953)通过威尔逊天文台巨大的望远镜观测到,除了离我们最近的星系外,所有星系的光谱都呈现“红移”现象,证明宇宙仍在膨胀。他于1929年宣布,红移表征的退行速度与星系离我们的距离 r 成正比 $U = H_0 r$, H_0 是哈勃常数。这就是著名的哈勃定律。

H_0 为百万光年每秒15公里,由此算出宇宙的年龄为200亿年。

(3) 质子的衰变

过去一直认为质子是稳定的,根据大统一理论质子应衰变: $p \rightarrow \pi^0 + e^+$

现代宇宙其能量尺度小于产生质子的能量尺度,即无再产生质子的条件,证明宇宙的年龄是有限的。如果宇宙是永恒的,即无限的,我们今天再也见不着质子了。

上述事实,对大爆炸理论有利,不少人持这种观点:宇宙是有其起源的。

2. “稳恒态宇宙”

尽管事实可靠,但还不能最终证明大爆炸理论是完全正确的,有人还对某些事实提出了质疑。

英国天文学家弗雷德·霍伊尔爵士在1970年指出:“我认为,在这个行星上演化而来的一种生物,即人类,居然具有能从整体上完全理解物理学的头脑,这乃是不可能的。首先我认为这本身就不可能,而退一步说,即使有此可能,它恰恰在1970年实现。也实在令人难以置信。”

弗雷德在这里指的是人类不可能理解200亿年前有关“奇点”的情形,以及1970年建立的大统一理论认为宇宙有起源。

1980年,伍迪和理查兹指出:微波辐射谱与黑体辐射谱有偏,不是黑体辐射。其次微波辐射异常均匀,这就有两个问题无法解决。第一个问题与小尺度均匀性有关,如果辐射是早期炽热阶段的遗迹,那么就on应该显示出宇宙在此阶段之后发生变化的某些痕迹。比如说,星系团块应在背景辐射中有所反映。然始终未找到这种团块。第二个问题是“视差效应”。如果宇宙的年龄是有限的,比方说100亿年,我们所能看到的距离就不会超过100亿光年,然而背景辐射形成时宇宙的年龄尚不足30万年。相距超过30万年的区域之间不可能互相接触,这种均匀性是难以实现的。

微波背景辐射并不具有遗迹的性质。弗雷德等人曾于70年代初论证微波背景辐射可能来自恒星的其他辐射改造后的形式,星际空间的尘埃粒子若能以适度的比例存在,就能够完成这一改造。

1948年赫尔曼等人针对大爆炸理论的疑点提出了“稳恒态”宇宙模型,该模型认为宇宙无始无终(无起源),永恒的。此模型下宇宙的质量密度保持一稳定值。宇宙既然膨胀,其密度怎么可能不变呢?于是该模型认为是通过不断注入物质来实现的,见图1。

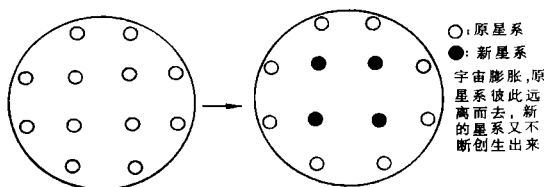


图 1

“稳定态”模型实际也存在困难。否定宇宙有起源、自然表明物质和能量是守恒的(不是创生的),那么注入的新物质又从何而来呢?

两种模式各有其合理性,争论也许还要持续相当一个时期。争论本身是有价值的,随着科学技术的进步,观测资料的不断丰富,最终将得出正确的结果。

二、反物质与暗物质

据宇宙学和粒子物理学,若宇宙创生于大爆炸,爆炸时应产生同样数量的物质和反物质。

本世纪30年代就预言有反粒子存在,而后在实验室里陆续发现 e^+ 和反质子 \bar{p} 。1996年,欧洲核子研究中心利用质子-反质子对撞机首次制造出了反氢原子。但迄今为止,还未在宇宙空间中发现反物质,宇宙空间中若存在反物质,便是大爆炸遗留下的“化石”,会提供有关早期宇宙的许多情况。暗物质也是宇宙早期遗留下的遗迹,它不仅提供早期宇宙的信息,而且还对宇宙的未来产生决定性的影响。反物质和暗物质的确认,将对大爆炸理论提供有力的支持。

1. 反物质的探索

既然存在反物质,为什么我们今天只看到物质而见不到反物质呢?原因可能有两个:(1)正粒子、反粒子蜕变时出现非对称性,在宇宙演化过程中造成正物质数量大大超过反物质,反物质数量相当少;(2)正物质和反物质彼此分离,分离的空间相当大。

(1) 质子、反质子的不对称

狄拉克预言了反物质的存在,但由于宇宙的演化,目前反物质的数量比正物质少得多了。

宇宙的守恒量: $S = \frac{\text{光子数}}{\text{重子数} - \text{反重子数}} \cong 4 \times 10^8$ 。光子数是守恒的。总的重子数(重子与反重子)是守恒的,从宇宙的极早期到目前, S 是保持不变的。

我们考查宇宙极早期的情况,这时, $t < 10^{-36}$ 秒, 能量 $E > 10^{15}$ GeV。由于 $10^{15} \text{ GeV} \gg m_p c^2$, 这时的质子、中子的质量完全可以忽略,在热平衡下,重子与光子相似,静止质量为零($m_p = m_{\bar{p}} = m_n = m_{\bar{n}} = 0$),这时,正、反重子数与光子数是一样的。

$$S = \frac{\text{反重子数}}{\text{重子数} - \text{反重子数}} \cong 4 \times 10^8$$

$$\text{故在极早期: } \frac{\text{反重子数}}{\text{重子数}} = 0.999999999.$$

看出几乎无差别

极早期的一点破缺($1 \rightarrow 0.999999999$)可由宇称不守恒解释。

目前反重子与重子的比值: $n_{\bar{B}} / n_B < 10^{-9}$, 由微观的不守恒导致大尺度的不守恒。

由最初的一点确缺造成目前大的破缺,以致目前反物质的量远小于正物质的量.

(2) 正物质与反物质分离

正物质与反物质相碰要湮灭从而产生 γ -ray. 在地球上,由于大气层的缘故,难以进行测量. 70—80年代初在高空中进行过测量来看,见图2,没有看到多少湮灭现象.

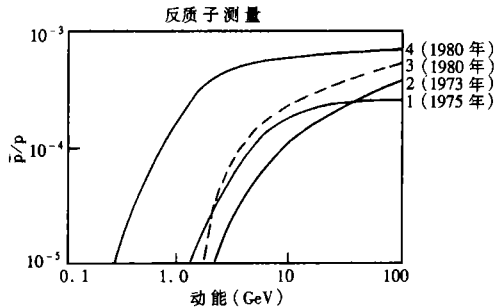


图 2

我们估计一下分离区的大小,如星系团, $M=10^{15} M_{\odot}$ (M_{\odot} : 太阳的质量). 只测到 X-ray, 没有测到 γ -ray. 可见分离区是相当大的.

(3) 反物质的探测

反物质存在,但其量相当少. 如何寻找反物质,成了科学界重大的疑难问题. 各国科学家正积极地进行探测.

1970年,天体物理学家观测到银河系中心区域 511keV 正负电子湮灭发射线辐射,第一次从宇宙线中发现正电子.

从70年代开始,世界各国相继探测宇宙中的 γ -ray暴.

1988年,日本探测到中子星的 γ -ray暴,〈中子星发射的 γ -ray有明显的方向性〉.

美国康普顿伽马射线天文台观测到伽马射线暴几乎无什么方向性,而是高度各向同性的.

1997年,意大利科学家、以及美国哈勃太空望远镜先后观测到伽马射线暴弥散于宇宙空间.

这些重要发现几乎排除了中子星的因素.

1997年,美国加州大学的迪克逊认为:弥散的 γ -ray可能与反物质、暗物质有关.

1997年4月美国探测到反物质云,证实了宇宙中反物质的存在.

2. 暗物质的探测

暗物质为不发光或发光极少的物质. 暗物质也应是早期宇宙的遗留物. 它的存在关系到宇宙的创生及未来.

(1) 宇宙演化的两种模型

宇宙至今仍在膨胀,至于宇宙如何演化下去,存在着两种不同的模型. 一种理论认为宇宙将永远膨胀下去. 为开放性模型;另一种理论则认为宇宙将会停止膨胀. 并开始收缩,最终塌成原始火球状态,为封闭性宇宙模型.

(2) 宇宙的质量密度

宇宙究竟如何演化,取决于质量密度. 目前我们能比较精确地推算出宇宙的临界质量密度 $\rho_0 = 4.5 \times 10^{-30}$ (克/厘米³),若 $\rho > \rho_0$ 为封闭型,若 $\rho < \rho_0$ 则为开放性.

ρ 可以测出,但并非是宇宙真实的质量密度,因为用光度方法测得的只是发光物质的质量. 1933年,瑞士天文学家兹威基测量后发星系团质量时,采用了两种方法进行测量. 先用光度方法然后用动力学方法,他惊奇地发现二者的结果差异十分大, $m_{\text{动}} \cong 400 m_{\text{光}}$,这就是历史上的“质量短缺”.

1978年,射电天文学家证实在星系团周围存在着大量不发光的物质.

1983年,英国天文学家霍金斯发现银河系及其周围可能存在大量的暗物质.

由于这些重要发现,“质量短缺”的原因才真正找到. 与暗物质的存在有关.

暗物质都是些什么呢? 我们知道大多数中微子只有很弱的电磁作用,或不参与电磁作用,是不发光或发很弱的光. 它们应是暗物质. 在天体演化过程中,很多核反应都会产生中微子;数量极大,估计宇宙中的中微子的数量是其他基本粒子的10万亿(10^{13})倍,如果“中微子”的静止质量不为零,则几乎占宇宙质量的百分之九十以上. 据目前的资料,暗物质极有可能是以下一些粒子:引力微子,中微子,光微子,胶微子,W微子,Z微子,超中微子. 由于这些暗物质(黑洞物质)的存在,宇宙的质量密度大于其临界质量密度 $\rho > \rho_0$,宇宙应是封闭型宇宙.