

物理学史中的四月



1948年4月1日：化学元素的起源

(译自 *APS News*, 2008年4月)

萧如珀 杨信男 译

1948年4月1日,《物理评论》刊登了一篇由阿尔弗(Ralph Alpher)、贝特(Hans Bethe)和伽莫夫(George Gamow)所发表,标题为《化学元素的起源》之论文。作者的挂名带有一点玩笑意味(贝特并未真地对此研究有贡献),但此篇论文却有着重要的科学发现。阿尔弗和伽莫夫说明了大爆炸之后所立即发生的极端情况可以解释宇宙所观察到众多最平常元素的含量。

物理学家伽莫夫于1904年出生在敖德萨(Odessa,在现在的乌克兰),他对前苏联心生不满,企图离境失败一次后,终于在1934年逃出,移居美国,在美国华府乔治·华盛顿大学任职。

20世纪40年代初期,伽莫夫一直研究解释所观测到各元素的含量。当时已证明在星球中心,氢原子核熔合形成了氦,但此形成的过程非常缓慢,不足以说明宇宙中所观察到氦的含量(10个氢原子就有1个氦原子),也无法解释所存在比氦重的元素。伽莫夫想知道是否最早期的宇宙情况有可能产生所观察到的氦以及其他的元素。

这一方面的研究需要核物理的知识,但当时美国大多数的核物理学家都已被延揽加入曼哈顿计划,因此伽莫夫实际上是独自研究核合成的问题。

伽莫夫开始先做计算,看看宇宙物质的密度,并实际倒推宇宙的膨胀过程,估算一下早期宇宙可能的情况,然后他开始尝试算出早期宇宙核反应的可能率。但宇宙膨胀时,情况会不断地改变,所以计算很繁复。因为伽莫夫自己对于数学计算并不特别熟练,因此聘用博士学生阿尔弗来帮忙。



阿尔弗

他们一开始想象着宇宙早期是一个极热、高密度的中子气体(他们称之为“ylem”,这是中世纪“物质”的字眼)。当宇宙膨胀时,这些压缩着的热中子会衰变成质子、电子和中微子的混合物,然后质子会吸收剩余的一些中子形成重氢,当进一步吸收中子后即会形成越来越重的原子核。此过程在宇宙膨胀时会一直持续着,一直到温度太低无法产生进一步的反应为止。

阿尔弗在核反应过程的计算中使用了某些在第二次世界大战中发展出来的第一代计算机,也使用了战后所可得到的核反应新数据。

他们的计算和已知宇宙中的氦含量相吻合,所以他们很满意计算出来的结果,就投了一篇短论文到《物理评论》期刊,标题为《化学元素的起源》。他们还因此开了一瓶酒庆祝,伽莫夫将之重新标签为“ylem”。

伽莫夫向来以幽默著称,当他知道他们的论文即将在1948年4月1日刊出的《物理评论》中发表出来,就将他的朋友,以研究包括恒星的核反应著称的贝特名字也加进去,因此论文的作者就成了Alpher、Bethe和Gamow,是希腊字母表前三个字母(α 、 β 、 γ)的双关语。

阿尔弗当时是一位博士生,正努力为自己打出名声,他反对多加一位作者,深怕知名的贝特名字会夺走他的光彩,降低他对此重要研究关键性的贡献所应得的肯定。但伽莫夫不理睬阿尔弗的反对,还是将贝特的名字加在论文上发表。

这篇论文仍被称之为alpha-beta-gamma论文,它不仅说明了宇宙含量最多诸元素的起源,



大亚湾中微子实验发现新的中微子振荡

北京时间2012年3月8日，大亚湾中微子实验国际合作组发言人王贻芳在北京通过网络直播宣布，大亚湾中微子实验发现了一种新的中微子振荡，并测量到其振荡几率。介绍该结果的论文已于3月7日送交美国物理评论快报 (*Physical Review Letters*) 发表，其预印本也已在网上发表。

中国科学院高能物理研究所的科研人员 2003 年提出设想，利用我国大亚湾核反应堆群产生的大量中微子，来寻找中微子的这第三种振荡，其振荡几率用 $\sin^2 2\theta_{13}$ 表示。

大亚湾中微子实验位于深圳市区以东约 50 千米的大亚湾核电站群附近的山洞内，地理位置优越，紧邻世界上最大的核反应堆群之一的大亚湾核电站与岭澳核电站，并且紧邻高山，有天然的宇宙线屏蔽。高能所的科研人员于 2003 年提出了实验和探测器设计的总体方案，2006 年获得批准立项，2007 年 10 月破土动工。整个实验计划建设总长 3 千米的隧道和 3 个地下实验大厅，其中两个近厅各放置两个中微子探测器，远厅放置 4 个探测器，共 8 个全同的中微子探测器。每个探测器 5 米高，5 米直径，重 110 吨，均置于 10 米深的水池中。

用反应堆中微子测量 θ_{13} 科学意义重大，国际上

在 2003 年左右先后有 7 个国家提出了 8 个实验方案，最终进入建设阶段的共有 3 个，包括中国的大亚湾实验，法国的 Double Chooz 实验和韩国的 RENO 实验。在激烈的国际竞争中，大亚湾实验采取了多种措施，克服了重重困难，终于在 2010 年 12 月完成核电站附近的全部爆破任务，2011 年中逐步完成了探测器的建造与安装，2011 年 8 月开始近点取数，12 月 24 日开始远近点同时运行。

为抢在竞争对手之前获得物理结果，科研人员将实验分为两个阶段，这次报告的结果就来自第一阶段的数据，自 2011 年 12 月 24 日起至 2012 年 2 月 17 日结束，只用了 6 个中微子探测器，其中 2 个在大亚湾近厅，1 个在岭澳近厅，3 个在远厅。经过大家夜以继日的努力，完成了实验数据的获取、质量检查、刻度、修正和数据分析。结果表明， $\sin^2 2\theta_{13}$ 为 9.2%，误差为 1.7%，以超过 5 倍的标准偏差确定 $\sin^2 2\theta_{13}$ 不为零，首次发现了这种新的中微子振荡模式。

大亚湾反应堆中微子实验项目得到了科技部、中国科学院、自然科学基金委和广东省、深圳市和中国广东核电集团的共同支持，同时也得到了美国能源部及其他境外机构的支持，是我国基础科学领域最大的国际合作项目。

(摘编自中国科学院高能物理研究所网站)



还提供了自从 1929 年哈勃发现远方的银河会随着和我们的距离成正比产生红移以来，大爆炸模型最早的证据。

后来大家知道，大多数元素事实上并无法经由阿尔弗和伽莫夫所原先提出，中子连续吸收的过程来产生，因为 5 个核子的原子核并不稳定，还需要用别的过程来填补以产生更重的元素。然而，阿尔弗-贝特-伽莫夫理论确实正确地说明了氢和氦的含量，两者合起来占宇宙重子物质的 99% 以上。

论文发表后，阿尔弗还须完成他的博士学位。科学家和媒体得知阿尔弗-贝特-伽莫夫结果后，有 300 人于 1948 年的春天挤进乔治·华盛顿大学听阿尔弗的论文口试。《华盛顿邮报》听到阿尔弗的叙述说，在高温大爆炸中只花了 300 秒便创造产生氢和氦，大胆地报道说：“五分钟即产生全世界。”

阿尔弗取得了博士学位，但他 15 分钟的名声（译者注：短暂的名声）很快就结束了。在完成博士学位后，阿尔弗和赫尔曼 (Robert Herman, 他拒绝了伽莫夫极力要他改姓 Delter, 与希腊字母表的第四个字母 δ 双关语) 继续研究早期的宇宙。他们的研究预测了宇宙微波背景辐射，但却为大家所忽视，甚至 1964 年发现宇宙微波背景辐射后仍未给他们肯定。阿尔弗后来通用电气 (General Electric) 担任研究员，伽莫夫则还持续其他问题的研究，涉足到脱氧核糖核酸 (DNA) 的化学领域。阿尔弗在获得美国国家科学奖章后不久，于 2007 年辞世。

(本文转载自 2012 年 3 月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；萧如珀，自由业；杨信男，台湾大学物理系，Email: snyang@phys.ntu.edu.tw