

刘 扬 著

化学与人类

科学技术文献出版社

化 学 与 人 类

Jay A·扬 著

刘志才 赵棣华等译

袁翰青 审校

科学技术文献出版社

内 容 简 介

本书系伦敦大学金氏学院化学荣誉教授Jay A·扬所著。以深入浅出
的语言，叙述了从地球形成、生命起源的化学阶段到人体的化
学；从化学的形成与人类实践活动的关系到化学的基本概念；从化学
的过去和现在到未来的广博化学知识，是一本值得一读的好书。

本书可供化学、化工、农、医、环保、冶金、地质等科技人员、
高中和大专院校师生阅读和参考。

化 学 与 人 类

刘志才 赵棣华等译

袁翰青 审校

科学技术文献出版社出版

中国科学技术情报研究所印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

开本：850×1168¹/₃₂，印张：12 字数：323千字

1982年4月北京第一版第一次印刷

印数：1—10,700册

科技新书目：21—55

统一书号：13176·128 定价：1.25元

目 录

第一章 地球及其宇宙环境	(1)
太阳的大小、距离和重量.....	(2)
太阳的溫度.....	(4)
氢离子.....	(6)
聚变能和聚变的产物.....	(7)
热大爆炸和宇宙.....	(10)
太阳系.....	(13)
原始大气和生命的起源.....	(15)
含氧大气及进化过程中的几个阶段.....	(17)
人类与地球.....	(19)
第二章 蜡烛不仅仅是蜡、烛芯和火焰	(22)
小物体包含大道理.....	(22)
法拉第讲稿的其余部份.....	(38)
第三章 化学的定义	(39)
化学的定义.....	(39)
理论与模型.....	(42)
原子理论.....	(45)
原子结合成分子.....	(51)
计算原子数.....	(57)
第四章 计算分子数、药物和分子的形状	(59)
化学药物作用方式的模型.....	(59)
分子的形状.....	(62)
分子结构与分子功能的关系.....	(65)
药物作用的机理.....	(69)
第五章 化学键与分子的结构	(78)

立体构型	(78)
物质的形态	(83)
物质的结合	(85)
周期表	(93)
电负性和电离势	(96)
其他的结合	(99)
补充材料	(113)
第六章 原子核	(122)
原子核“手球場”	(122)
原子核模型	(123)
原子核及其能量	(125)
天然放射性及其效应	(128)
原子衰变——用途和误用	(134)
核裂变与核聚变	(148)
第七章 化学方程式、分子式和反应式	(152)
化学的书写	(152)
化学反应	(154)
氧化数	(157)
氧化-还原反应	(162)
化学平衡	(164)
化学平衡在工业生产中的应用	(164)
应用或产生电流的反应	(172)
锈蚀	(175)
酸-碱反应	(177)
酸碱度	(183)
第八章 能源：目前的使用和今后的限制	(187)
能	(187)
能源的生产和使用	(190)
替代能源	(197)

能源远景	(207)
第九章 食物、人和化学	(214)
化学键的能量	(214)
糖的代谢	(216)
脂肪的代谢	(221)
蛋白质的代谢	(223)
食物	(226)
矿物质和维生素	(228)
热量的需求	(243)
第十章 聚合物	(251)
橡胶	(251)
淀粉和纤维素	(255)
制造天然聚合物	(266)
合成聚合物	(267)
蛋白质	(285)
第十一章 金属和生命	(294)
金属酶的作用	(295)
基本元素	(297)
生命有机体怎样利用太阳能	(299)
呼吸作用	(302)
钠和钾	(305)
金属毒物	(308)
第十二章 地质学、化学和人	(310)
变化着的地球	(310)
矿物及其结构	(317)
岩石及其形成	(324)
晶体结构类型	(328)
粘土	(335)
金属工艺	(339)

几种重要的工业用非金属.....	(356)
第十三章 化学工业	(363)
产品及其与化学工业有关的工业.....	(364)
化学工业的发展.....	(370)
第十四章 化学、污染和环境	(374)
生态学的题目.....	(374)
有关能源的污染问题.....	(377)
空气污染.....	(377)
资源和再循环.....	(377)
水污染.....	(378)
污染和健康.....	(378)
人口.....	(378)

第一章 地球及其宇宙环境

让我们从人类赖以生存的地球开始谈起，地球是太阳系的九颗行星之一，在一个椭圆形轨道上绕着太阳运行。太阳实际上是颗恒星，与其它恒星比较，它既不算最大，也不是最小；既不是最明亮，也不是最暗淡；既不象某些恒星那么热，也不象另一些恒星那么冷（假如一颗恒星能真正视为冷的话）。在我们的银河系中有一

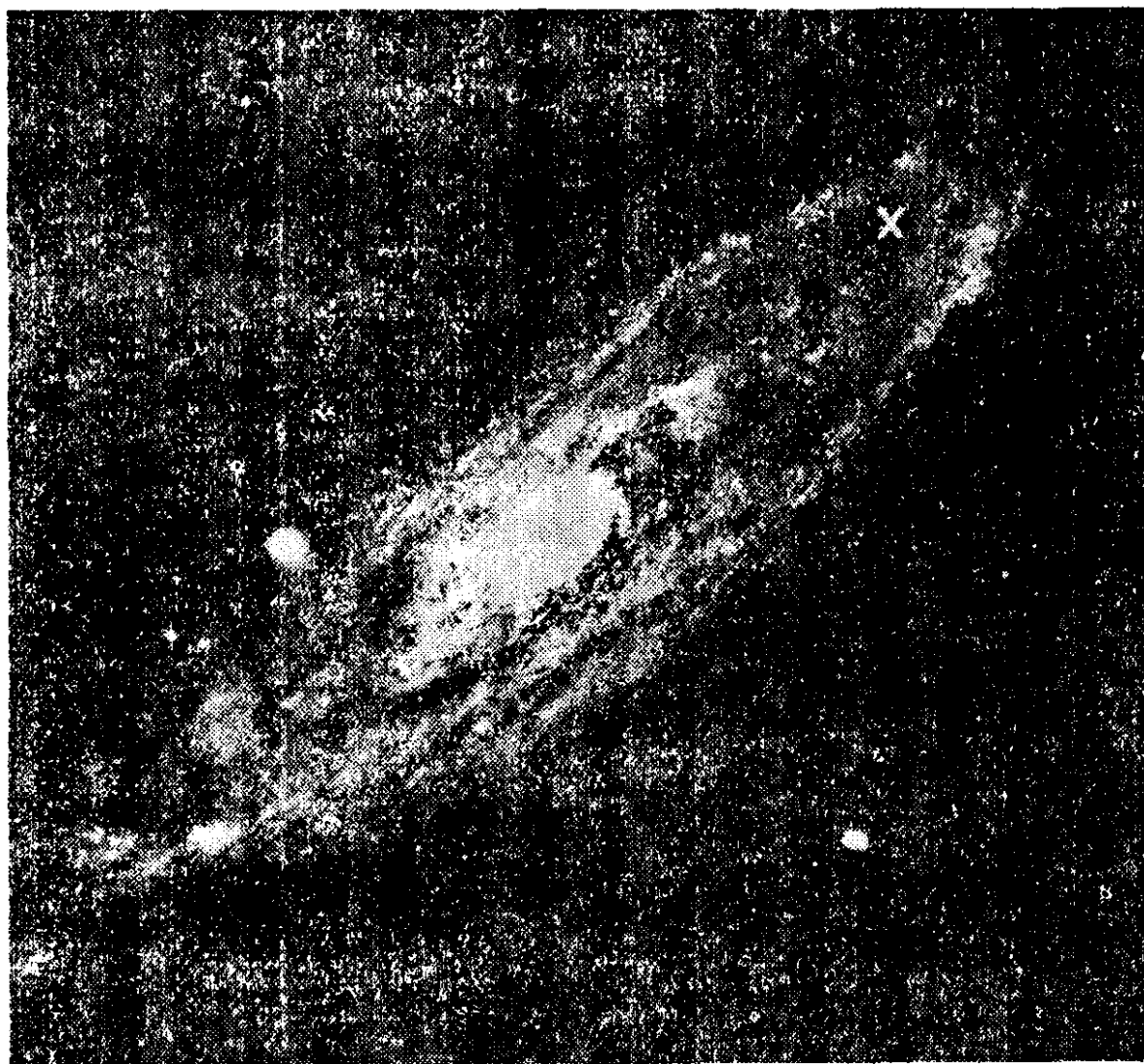


图 1-1 仙女座星系，×所标出的位置大概相当于我们在银河系中的位置

千亿颗恒星，太阳就是其中之一。

在我们所能观测到的宇宙里，约有一亿个星系，每个星系约有一千亿颗恒星。图 1-1 就是银河系的一位“近”邻——仙女座星系的一张照片。仙女座星系是一种旋涡星系，从图 1-1 中，你可以看到它具有类似旋涡状的结构。银河系在能够接近测定的情况下，它也是一个旋涡星系，其大小和形状与仙女座星系相似。假设太阳是仙女座星系中的一员，在仙女座星系中的位置与在银河系中的位置相同，它大体处在图 1-1 中打“×”号的位置，距星系中心相当远。由于地球与银河系中心之间存在着大量的“宇宙尘埃”我们不可能直接观测星系中心，不过有某些证据表明在银河系中心经常发生巨大的爆炸。在那里生活是不会平静的，或许根本不能生存。

太阳的大小、距离和重量

我们先来谈太阳。

我作为本书的作者，一个科学家，一个化学家，希望你们了解一点科学，特别是化学。作者面临的问题是，为了使读者对本书的主题发生兴趣，读者必须先下点功夫。我尽力保证你们的努力会有所收获，而且相信你们以后会认识到这一点。

现在，做第一件事。太阳的质量是 2×10^{33} 克。阿拉伯数字 10 右上角的 33 叫做指数。许多人对指数 2 是熟悉的。例如，我们说 10^2 是“10 的平方”，或 10×10 ，或 100。同样 10^3 是“10 的立方”，或 $10 \times 10 \times 10$ ，或 1000。这里有个窍门： 10^2 ，指数为 2，等于 100，后面带两个零，而 10^3 ，指数为 3，等于 1000，后面带三个零。因此，你能猜出 10^{33} 等于 1 后面带 33 个零。 10^{33} 的两倍很容易推算出，是 2 后面带 33 个零。现在，如果我们知道一克有多重，对太阳的质量就有一些概念。一克并不重，28.3495 克才相当于一英两。如果我们并不在乎细微的出入，可将它化成整数，即 30 克，再乘以 16

得480克，即1磅。对多数人来说500比480容易记忆，因此可以粗略地说1磅是500克。

不会有人问，一个节制饮食的人，他的体重有多少克。如果一位体重135磅的姑娘回答说：“我的体重是六万七千五百克。”这个数字大得多么令人懊丧（这个数字是用1磅等于500克推算出来的。若使用一英两为28.3495克这个更精确的数据来换算，135磅的体重相当于61,235克，这里未考虑小数）。

如果太阳的质量是 2×10^{33} 克，用磅来表示要除以500，得 4×10^{30} 磅。

太阳有多大呢？大家都知道，它的形状象个球，半径为 7×10^{10} 厘米。这里强调使用克、厘米以及另外一些尚未提到的量词，只是为了方便自己，也为方便别人。首先，对于一个探索科学长达30余年的作者来说，使用这些量词比较方便。英国在几年内将采用这种“国际公制”，现在你比别人早走一步。

1厘米也是相当小的，准确地说，2.54厘米才等于1英寸。你可以推算出，大约10厘米等于4英寸。普通人的一只手尽量地张开，从拇指指尖到中指指尖的跨距略短于8英寸。所以，用厘米来表示手的跨距约为18—20厘米。如果你个儿很高，超过6英尺，也就是183厘米的话，手的跨距通常超过20厘米，也许是22厘米或更长一些。

太阳半径是 7×10^{10} 厘米，如果要换算成英尺或英里，就要除以2.54，再除以12，然后再除以5280，得 2.3×10^9 英尺或 4.3×10^5 英里，也就是2,300,000,000英尺。10的指数9是移动小数点的位数。以前，我们把指数说成是零的数目，这同样适用于计算小数点移动多少位。例如，只有一位数， 2×10^9 ，这就是2,000,000,000，因为 (2×10^9) 可理解为小数点恰好在2的右边。用同样的方法推算 4.3×10^5 英里就是430,000英里。地球的半径约为4000英里，由此可见，太阳比地球大得难以想象。

几乎每个人都知道，太阳距离地球为九千三百万英里；这个距

离用厘米来表示，约为 1.5×10^{13} 厘米。这个距离依你在什么季节考虑它而略有出入。在北半球的夏季里，太阳距地球比冬季稍远一些，而在南半球，情况正好相反。然而，地球环绕太阳的轨道非常接近于圆形，因此我们可以说，太阳距地球大约是 1.5×10^{13} 厘米。

当一个人还不习惯用 7×10^{10} 和 1.5×10^{13} 这样的数字进行工作时，这些数字多少会令人迷惑。例如，太阳的半径 7×10^{10} 厘米和太阳与我们的距离 1.5×10^{13} 厘米这两个数看起来似乎差不多。然而，假如你不怕麻烦，用 7×10^{10} 去除 1.5×10^{13} ，结果 1.5×10^{13} 要比 7×10^{10} 大200多倍。也就是说，在我们和太阳之间的一条直线上可以排列二百一十四个同样大小的太阳。因此，纵然太阳很大，而我们和太阳之间的距离要更大得多。

太阳的温度

众所周知，太阳是炽热的。它的表面温度大约是摄氏五千度。如果温度高，用摄氏度数（ $^{\circ}\text{C}$ ）表示比较合适。只要把这个摄氏度数加倍就可以得到相应的华氏度数（ $^{\circ}\text{F}$ ），太阳的温度为华氏一万度左右。

当温度超过 80°C 时，用摄氏度数加倍即变成近似的华氏度数。例如， 100°C （你可以得出近似值 200°F ）实际上是 212°F 。对于日常的温度，这样换算就不行了。如室内温度是 20°C ，相当于 68°F 。可是在 -40°C 时，摄氏和华氏的度数是相同的， -40°C 恰好是 -40°F 。

然而，无论怎么说，太阳的表面不是凉的。我们是怎样知道太阳表面温度的呢？谁也没有到过那里，任何人造卫星都没有直接探测过太阳系的这一部份，因此，回答这个问题我们并不是完全有把握的。我们的银河系是否确实象仙女座星系那种形态，太阳在银河系中是否确实处在图1-1中所标出的 \times 位置上，这些都是疑问。

现在的问题是，我们确实认识了这些事物，还是我们自以为已认识了昵？

要完全解答这个问题，那怕是解答第一章中讨论过的很少几个问题，就需要一本比本书篇幅大得多的书。但是，我们能够说明太阳表面的温度，做一个小实验你就会理解这一点。用几根火柴，一枚曲别针，一个暗室（譬如在一个柜子里），经过耐心仔细地观察。此外还需要石棉指套，否则就要经受一次在一天之内才能恢复的轻微烧伤。把曲别针弄直，用火柴的火焰来加热针尖。这个实验必须在黑暗中进行，仔细观察针尖加热后的颜色变化。

通常要用二、三根火柴一起燃烧来加热针尖，才能使它在黑暗中发出可见的光亮。在针尖加热到发光时，熄灭火焰仔细观察针尖，它会很快冷却。但是，这正是问题的要害，注意针尖冷却时颜色的变化。它变成越来越淡的桔黄色，越来越深的红色，最后退成黯红色，直到一点光亮也见不到为止。

如果我们知道光亮的颜色和温度之间的关系，并且能够测定颜色，就可以根据颜色来指示温度。这是可以做到的。桔黄色光表明温度达 900°C 左右，在光亮消失前的黯红色指示的温度约为 500°C 。温度超过 900°C ，颜色从桔黄变成黄色，然后呈白色，温度继续升高，就呈现蓝白色。根据太阳表面的颜色，可估计出它的温度大约为 5000°C 。然而，它唯有在这种条件下才是正确的，即我们假定地球上观察到的颜色和温度之间的关系也同样适用于太阳表面。

我们所以能够提出这个假设，即在地球上和太阳上存在着相似的颜色和温度条件，是有根据的。但是，阐述这一点要用好些篇幅，而且也要求下很大的功夫。我们必须保留篇幅和精力来讨论其它的问题，如果你有兴趣的话，可以参考有关黑体辐射一类书籍。

在我们研究太阳表面时，还要考虑另一个具有半哲学性的问题。表面的含义是什么呢？表面通常是指一个有限的范围。太阳没有明确的边缘，或者说太阳的表面没有明确的界限。假如我们从太阳的外面朝着太阳中心深入数英里，其组份大部份是氢原子和氢离

子的太阳物质变得越来越多（我们以后将要论及）。但是，在太阳附近到处存在着氢原子和氢离子，愈靠近太阳，氢原子和氢离子就愈多。太阳放出的氢离子常常越过地球，射向更远处。

所以，当我们说太阳表面时，实际上是在谈论一个具有相当厚度的外壳。这个外壳的外部，氢原子和氢离子并不太多，向太阳的中心深入数英里，就有很多很多的氢原子和氢离子。继续向太阳内部深入，我们会发现绝大多数粒子（根据人类实际能观测到的东西来推论）可能是氢离子和电子，温度为 $5 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}$

氢 离 子

氢离子是一种什么东西呢？既然，从来没有人看见过它，因而对它的任何描述在一定程度上都是不够真实的。不过，要想知道一个氢原子是什么样子，不妨先想象一番。

设想它是一个小得难以置信的物体，一个直径仅为 1×10^{-13} 厘米的微乎其微的球。请注意负指数13。这表示在分母中，1后面有13个零，而分子是1，即：

$$\frac{1}{10,000,000,000,000} \text{ 厘米}$$

尽管这样小的物体是有形的，但是我们确实无法描述它。因此，认为它是球形的也许是不正确的，然而这比任何别的设想要好些。这个极小的物体有一个负电荷。每个人几乎都有意外触电的体验。触电时，有数百万的电荷（可能既有正电荷又有负电荷）通过你的身体或身体的某一部分。

你可以想象，在太阳内部，这些氢离子（它的另一个名称叫做质子）朝各个方向乱穿，先朝一个方向，当两个质子碰撞后又朝另一方向，继而又和另一个质子碰撞，再朝另一个不同方向冲去，直到下一次碰撞。在太阳内部，虽然一个质子与另一个质子的距离平均约为 1×10^{-8} 厘米。看起来，质子似乎是紧紧挨在一起的，相距

$$\frac{1}{100,000,000} \text{ 厘米}$$

但是与质子本身的大小相比，它们之间的距离要比地球与太阳之间的距离远得多。因此，我们可以认为，由于质子间相距如此之远，它们平均要运行很长距离后才会和另一个质子碰撞。

聚变能和聚变的产物

尽管如此，通过一个还没有完全弄清楚的复杂过程，偶尔有四个质子在一次所谓聚变反应中相互作用，产生一个氦离子和两个正电子（在太阳内部，这种巧合每秒种发生数百万次）。其结果就释放出能量来，这是因为一个氦离子加上两个正电子的质量少于四个质子的质量。（这就好象把各为半磅重的四个柑桔放进一个口袋里，口袋中柑桔的总重量为两磅。随后，从口袋中跑出两个各重二分之一英两的金桔，而留在口袋里的是一个重 $1\frac{1}{2}$ 磅的非常非常炽热的柚子。）

换句话说，由于太阳放射出能量（我们在地球上得到部分能量），太阳的质量便逐渐减小。但是，这用不着担心，因为在 10^9 年（即十亿年）内，太阳内部只有百分之一的氢离子（质子）转化成氦离子。

太阳在这种聚变过程中释放出的能量对于我们之所以重要，还有另一个理由。我们知道，太阳很大又很重，假如它不持续地释放能量，使得质子以极高的速度运动并不断地相互碰撞的话，那么由于太阳中所有的质子和所有其它粒子之间的引力作用，这些质子就会紧紧挤在一起。假如太阳不持续释放能量，就会大大地缩小。

最终，太阳中心的全部质子几乎都要消耗掉，通过聚变而变成氦离子。在遥远的将来，太阳放射出很少的能量时，它就开始收缩。任何东西收缩时，就会变得更热。当太阳变得越来越热、变得越来越小时，其内部温度将达到 10^8 °C，甚至更高的温度。请记住，

这时太阳内部氦离子占绝大部分。在这种极高的温度下，氦离子将经过聚变，大部分形成碳离子。碳离子的质量少于原来的氦离子质量。于是，太阳将发射能量，变得更加热，并且膨胀起来，太阳温度就降低了一点。

预料大约在 5×10^9 年以后会发生这种膨胀。那时太阳光比现在更红（温度较低），太阳变得非常之大，直径比现在大 200 倍以上，或者说体积比现在大 800 万倍。如果到那时地球还存在的话，它将被太阳所吞没。最后经过漫长的年代，在大部分氦聚变成其它离子而消耗时，太阳将再次收缩，其体积比前次收缩要小得多，变成和现在的地球差不多大小。在收缩过程中，太阳将变得更加炽热，它放射出的光的颜色是微微的淡红色。太阳就变成一颗“白矮星”。它的质量变化不大，仅比现在的质量减少百分之几。因此，它的密度，也就是特定体积的质量数，将比现在的密度大得多。现在，太阳的平均密度仅比水的密度大一点。今天一茶匙太阳的重量仅是一茶匙水的一倍半。一茶匙粘土的质量是一茶匙太阳的两倍。但是当太阳变成一颗白矮星时，一茶匙太阳的质量将要超过一辆罗尔斯·罗伊斯汽车的质量。

预测太阳最后的命运，是根据对其它恒星的天文观测得出的。现在，在天空中有很多白矮星，它们过去或许曾象现在的太阳一样。那些同太阳差不多大小的恒星，最终都可能演变成白矮星。而更大的恒星往往有不同的结局。例如，比太阳大二倍以上的恒星，临终时内部所有的氢离子都聚变成氦离子，大约就在这时，它们象太阳一样，其大小将比原来膨胀数百万倍。也就是说这些大恒星，象太阳一样，会经历第一次收缩并变得更加炽热。氦离子将聚变成碳离子，能量被释放出来，恒星将会极大地膨胀。然后，在所有的氦离子或很多氦离子消耗掉以后，这个非常巨大的红色恒星将象我们的太阳一样收缩，逐渐变成一颗白矮星。

由于这颗恒星的质量比太阳大，当它变成与白矮星差不多大小时，它的引力仍然大得足以使它收缩得更小。作用在这样一个物体

上的压力是极大的。这颗已收缩了的恒星将变得非常非常的热，以致于发生爆发，并以极高的速度把碎片射向宇宙的四面八方。在持续数天的爆发中，会迸发出强烈的光亮，成为周围最明亮的恒星之一，比你我见到过的任何恒星明亮得多。（这类恒星称为超新星，在我们银河系，最近期的一颗超新星是在1604年观测到的。平均来看，各星系每隔一百年左右出现一颗超新星，因此，我们星系自从1604年以来，如果出现过几颗超新星的话，是发生在很远的地方，而我们沒有注意到。）

超新星爆发以后，只留下一小块殘片。这块殘留物叫中子星。作为一颗恒星来说，中子星是相当小的。虽然它的密度相当大，直径可能只有5至10英里。一茶匙中子星的重量超过至今已生产出的所有罗尔斯·罗伊斯汽车重量的总和。

让我们回到恒星爆发的问题上来。沒有恒星爆发，你我就不能存在。虽然详细情况还不清楚，但是，在恒星爆发时，除了早有的氢、氦、碳、或许还有两三种元素外，所有的元素都在这时形成了。你可能知道，人体中大部分是水份，水是由氢和氧两种元素组成的。一个典型的生物机体含有氮、碳、较多的氢以及少量其它元素，铁、铜、钙、磷、钴、锰、钠、氯、钾等等。除了氢以外，组成你身体的一切元素是怎么形成的呢？一颗正常活动的恒星象太阳一样产生氮（在生物组织里，氮的含量是不多的），一颗“红色巨星”产生碳，太阳终有一天也将变成“红色巨星”；一颗更大的恒星收缩得比一颗白矮星更小时，发生超新星爆发的一瞬间，所有其它的元素都形成了。

问题在于，在超新星爆发时向四面八方扩散的那些元素，怎么会聚集到一个地方，聚集在地球上，而且其中的某些元素怎么进入你我的体内？是否可以相信，我们的确是由构成恒星的物质组成的？我们将在本章余下的篇幅里解答这个问题。

热大爆炸和宇宙

我们最好从宇宙的起源说起。最好不从实际的起点谈起，而只回溯到大约 10^{10} 年以前。那时，构成宇宙的一切物质已经集中在同一地方，密度很大，挤在一起。那时的宇宙究竟是什么样子呢？人们只能猜测。为了实际应用方便起见，我们把 10^{10} 年以前的开始时间叫做零时。

整个宇宙在零时处于一种所谓的奇异状态。即使这种说法是正确的，具体情况究竟怎样还是不好理解的。科学是研究物质宇宙的，而这一切是能够观测到的。如你所知，关于宇宙起源的其它见解产生于人们的宗教信仰。当人们审慎地考证这些宗教见解和科学学说时，会注意到很多细节是不同的。但是，令人惊奇的是每种见解的主要轮廓与其他见解是一致的。可以认为，产生于宗教信仰的见解是由传说发展起来的，这些传说又来自自古以来世代相传的文化。在它的传播过程中，有些从来没有弄明白的细节逐渐地被修正了。

这里提到的科学宇宙学说也是不够真实的。它是一种理论，它也包含一些至今尚未弄明白的问题。这种宇宙学说不同于其他见解，仅仅由于它是建立在观测宇宙现象的基础之上的，靠人类的想象力和聪明才智来加以解释，而且在近数十年间，它经受了认真周密的考证。因此，在进行了很多的观测和经历了更多的考证后，现在流行的科学宇宙学说还会有变化。

或许，在零时，原始宇宙是蛋形的，或者是象火球一样，整个宇宙聚集在一处，由中子组成，或者由质子和电子组成。一个中子是一个极小的粒子，它的大小和质量与质子大致相同，但是没有电荷。一个电子比一个质子或中子轻2000倍左右，它带有单一的负电荷。中子有时能够自发地变成质子、电子和反中微子。反中微子不带电荷，几乎没有质量，它以极高的速度运行，能穿过任何物质，